ETUDES
de
MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE
sur la
DENTURE
du
RAT

par Georges L. S. SKINAZI

1967

1966

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546821_0033

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

pour obtenir le titre de Docteur de l'Université

Spécialité : Sciences

Sujet :

Etudes de Mécanique Expérimentale sur la Denture du Rat

par

Georges L. S. SKINAZI

Soutenue le 27 octobre 1966.

Devant la commission d'examen :

Monsieur Charles DEVILLERS	Président
Monsieur Yves FRANÇOIS	Examinateurs
Monsieur Roger-Xavier O'MEYER	
Monsieur Robert WEILL	

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Avant-Propos

Mes études de chirurgie dentaire achevées, quelques années d'exercice m'avaient fait pénétrer la pratique de ma profession et aiguisé mon désir de recherche. Mais l'entreprise m'apparut difficile. Ne sachant à quelle porte frapper, je fus bien inspiré en consultant Monsieur le Professeur JOST, qui fut mon Maître de biologie au P.C.B.. Monsieur JOST eut le grand mérite de m'éviter les tâtonnements et de m'adresser à Monsieur le Professeur DEVILLERS, dans le célèbre laboratoire du Professeur Marcel PRENANT :

le Laboratoire d'Anatomie et d'Histologie comparées de la Faculté des Sciences de Paris.

Je ne dirai jamais assez la gratitude que je dois à Monsieur le Professeur DEVILLERS pour l'excellence de son accueil et pour les conseils hautement éclairés qu'il me prodigua, malgré ses lourdes charges et ses nombreuses missions. Je ressens le grand honneur qu'il me fait en acceptant de présider ce jury.

Ma profonde reconnaissance va aussi à mon Maître, Monsieur le Professeur O'MEYER, qui me guida dès mes débuts avec une affection toute paternelle, dans la pratique de cette science nouvelle de l'Orthodontie dans laquelle il s'est acquis un si grand rayonnement.

Je voudrais également exprimer mes plus sincères remerciements à Monsieur le Professeur WEILL, qui prélevant sur son temps précieux, a bien voulu étudier la partie histologique de ce travail et me faire part de ses observations dans le sens le plus constructif.

J'ai été très sensible à l'intérêt que m'a témoigné Monsieur le Professeur FRANÇOIS et à l'honneur qu'il me fait en participant à ce jury.

J'ai vivement apprécié les conseils de Monsieur le Professeur MARTIN dans le domaine si particulier de la photoélasticité.

Le Docteur HALDEN, dont la subtile connaissance de la langue française n'a d'égale que la finesse de sa technicité en Orthodontie, m'a aidé à présenter un résumé en anglais dont je lui suis redevable.

Enfin, c'est un merci du fond du cœur que je voudrais exprimer à mes compagnons de tous les jours, qui, au laboratoire, avec compétence et bonne humeur, m'ont aidé à surmonter les mille difficultés que présente la plus modeste recherche.

Pour terminer, j'ai le devoir de dire que c'est la grande compréhension et le désir de collaboration de tous, qui m'ont permis d'accomplir ma tâche malgré l'absence de toute faculté dentaire dans notre capitale.

Georges L. S. SKINAZI

UNIVERSITE DE PARIS

FACULTE DES SCIENCES DE PARIS

Janvier 1966

PROFESSEURS

Le Doyen . . . . . M. ZAMANSKY

PRENANT	T	Anatomie et histologie comparée
GRASSE	T	Evolution des êtres organisés
PREVOST	T	Chimie organique
WYART	T	Minéralogie et cristallographie
TEISSIER	T	Zoologie
AUGER	T	Physique quantique et relativité
MONNIER	T	Physiologie générale
PIVETEAU	T	Paléontologie
ROCARD	T	Physique E.N.S.
CARTAN	T	Mathématiques E.N.S.
LAFFITTE	T	Chimie générale
N . . .	T	Géométrie supérieure
COULOMB	T	Physique du globe
Mlle COUSIN	T	Biologie animale SPCN
CHRETIEN	T	Chimie minérale
BOCQUET	T	Zoologie
KASTLER	T	Physique E.N.S.
EPHRUSSI	T	Génétique
GAUTHERET	T	Biologie végétale CPEM
LUCAS R.		Recherches physiques
THOMAS S.	T	Biologie cellulaire
MORAND	T	Physique enseignement
SOLEILLET	T	Physique CPEM
FORTIER	T	Mécanique expérimentale des fluides
DRACH	T	Zoologie
QUENEY	T	Météorologie et dynamique de l'atmosphère
GALLIEN	T	Embryologie
EICHHORN	T	Botanique
DE CUGNAC	T	Biologie végétale SPCN
Mlle GAUCHOIS	T	Chimie physique
THELLIER	T	Physique du globe
PONCIN	T	Mécanique générale
DUBREIL	T	Arithmétique et théorie des nombres
QUELET	T	Chimie organique
CAGNIARD	T	Géophysique appliquée
CHAMPETIER	T	Chimie macromoléculaire
CUVILLIER	T	Micropaléontologie
JUNG	T	Géologie
TRILLAT	T	Microscopie et diffraction électronique
WIEMANN	T	Chimie organique et structurale
VASSY	T	Physique de l'atmosphère
DESTOUCHES	T	Théorie physique
AMIEL	T	Chimie générale
HOCART	T	Minéralogie et cristallographie
J.P. MATHIEU	T	Physique optique
COUTEAUX	T	Cytologie
CHOQUET	T	Théorie des fonctions et topologie
FELDMANN	T	Biologie végétale marine
JOST	T	Physiologie comparée
FORTET	T	Calcul des probabilités et physique mathématiques
SCHWARTZ	T	Calcul différentiel et intégral
CHOUARD	T	Physiologie végétale
MALAVARD	T	Aviation (technique aéronautique)
BRELOT	T	Analyse supérieure
NORMANT	T	Synthèse organique
BENARD	T	Chimie appliquée
DUGUE	T	Statistique mathématique
SOULAIRAC	T	Psychophysiologie
ULRICH	T	Physiologie végétale appliquée
KIRRMANN	T	Théories chimiques
CHADEFAUD	T	Botanique
Mlle LE BRETON	T	Physiologie de la nutrition
LELONG	T	Application de l'analyse à la géométrie
DEVILLERS	T	Anatomie et histologie comparées
EHRESMANN	T	Topologie algébrique
FRANÇON	T	Physique SPCN
GLANGEAUD	T	Géographie physique, géologie dynamique
DODEMENT	T	Mathématiques MGP
PISOT	T	Technique mathématique de la physique
ROCH	T	Géologie
SCHATZMANN	T	Astrophysique
TERMIER	T	Géologie générale
ZAMANSKY	T	Mathématiques générales
LENNUIER	T	Physique M.G.P.
ROUTHIER	T	Géologie appliquée
Mme TONNELAT	T	Physique théorique
DIXMIER	T	Mathématiques M.P.C.
SOUCHAY	T	Chimie générale
AIGRAIN	T	Electrotechnique
BRUSSET	T	Chimie systématique
LEVY	T	Physique théorique des hautes énergies
Mme CHAIX	T	Chimie biologique
Mme HUREL PY	T	Biologie végétale CPEM
PANNETIER	T	Chimie générale I
BRUN	T	Mécanique des fluides I
Mme DUBREIL	T	Mathématiques (Agrégation)
Mme LELONG	T	Mathématiques II E.N.S.
BELLAIR	T	Géologie S.P.C.N.
COTTE	T	Physique électricité
DUBOIS J.E.	T	Chimie organique physique

LAMOTTE	T	Zoologie E.N.S.
OLMER	T	Energétique générale
GAUTHIER	T	Mécanique appliquée
BARCHEWITZ	T	Chimie physique
BROSSEL	T	Chimie atomique
BUSER	T	Physiologie comparée
CAMUS	T	Physiologie végétale
CURIEN	T	Minéralogie et cristallographie
POSSOMPES	T	Zoologie
PULLMANN	T	Chimie quantique
TEILLAC	T	Physique nucléaire et radio-activité
VILLE	T	Econométrie
WILLEMART	T	Chimie CPEM
FREYMANN	T	Recherches physiques
ROLLET	T	Chimie minérale
Mlle JOSIEN	T	Chimie SPCN
CHEVALLEY	T	Géométrie algébrique et théorie des groupes
GERMAIN	T	Mécanique théorique des fluides
LUCAS G.	T	Géologie
ALLARD	T	Chimie physique
BERTHELOT	T	Physique des particules fondamentales
BRICARD	T	Météorologie
Mme ALBE-FESSARD	T	Psycho-physiologie
M. JULIA	T	Etude des molécules naturelles complexes
MAGAT	T	Physico-chimie des rayonnements
Mlle QUINTIN	T	Electrochimie
MONOD	T	Chimie du métabolisme
DE POSSEL	T	Analyse numérique
CHARLOT	T	Chimie analytique
CHATELET	T	Chimie CPEM
MATTLER	T	Physique SPCN
BOUISSIERES	T	Radiochimie
Mme COUTURE	T	Thermodynamique et mécanique physique
FRANC	T	Biologie animale CPEM
SCHNELL	T	Botanique tropicale
STOLKOWSKI	T	Physiologie générale
ACHER	T	Chimie biologique
BAUDOIN	T	Biologie animale CPEM
BEAUMONT		Biologie animale SPCN
BLAMONT		Géophysique ionosphère
BOUREAU	T	Botanique
CURIE D.		Physique MGP
DURAND DELGA	T	Géologie
HELLER	T	Physiologie végétale
TORTRAT	T	Calcul des probabilités
CAILLEUX	T	Géologie SPCN
MAGNAN		Physique électricité
DAUDEL	T	Mécanique ondulatoire
Mlle FOURCROY		Biologie végétale SPCN
Mme CHOQUET-BRUHAT		Mécanique analytique et mécanique céleste
Mlle VEIL	T	Physiologie générale
LWOFF	T	Microbiologie
SIESTRUNCK	T	Mécanique physique et expérim.
CABANNES	T	Mécanique générale
CAIRE	T	Géographie physique et géologie dynamique
COMOLET		Mécanique des fluides
DELLOUE	T	Physique de l'exosphère
HOUILLON		Biologie animale CPEM
OLIVIER		Anthropologie
SAMUEL	T	Mathématiques (ENS Jeunes Filles)
THIRY	T	Mécanique céleste
ABELES	T	Physique SPCN
AMAT	T	Thermodynamique
AUBOIN	T	Géologie
Mme BENOIT-GUEUTAL	T	Physique nucléaire et radio-activité
BOUGIS		Biologie végétale marine Villefranche s/Mer
RIGAUDY	T	Chimie SPCN
COLLONGUES		Chimie CPEM
DUBERT		Biochimie
NOZIERES		Physique générale
CADIOT		Chimie organique
IVANOFF		Océanographie physique
FRANÇOIS		Zoologie
TALBOT		Génie chimique
Mme NOUGAREDE		Botanique
BRUHAT	T	Mathématique MPC
FOURNET		Electricité générale
DEHEUVELS	T	Mathématiques propédeutique
FURON	T	Géologie SPCN
Mme GANS	T	Génétique
GENEVES		Biologie végétale CPEM
HUPE	T	Pétrographie
HOLLANDE	T	Biologie générale
LIONS	T	Analyse numérique
MAITTE	T	Chimie organique
NICOLAS		Géologie appliquée
PANIGEL		Biologie générale
RAVIER	T	Pétrographie
MOREL P.	T	Physiologie comparée
ROSEAU	T	Mécanique théorique des fluides
ROUBINE		Electronique E.S.E.
SILBER	T	Chimie CPEM
UEBERSFELD	T	Electronique
	T	Théories physiques
HERVE	T	Mathématiques
Mme PECKER-WIMEL	T	Astrophysique
BALKANSKI		Physique M.P.C.
LE CORRE	T	Electricité
NATAF	T	Physique nucléaire et radio-activité
ECHALIER		Biologie animale CPEM
BARRAUD	T	Physique CPEM
DARS		Géologie structurale et appliquée
CAMEFORT	T	Botanique (agrégation)
VICHNIEWSKI	T	Mécanique industrielle
SIGWALT	T	Chimie SPCN
BLAQUIERE		Electronique
BARUCH		Physique propédeutique
ARNOUS	T	Physique théorique
SLONIMSKI		Génétique
MALLIAVIN	T	Mathématiques propédeutique
GAUDEMAR		Chimie propédeutique
BROUSSE	T	Mécanique théorique
ROSCH	T	Astronomie
GUY	T	Physique expérimentale
LAZARD		Mathématiques MPC
MOREL P.		Physique MPC

ARSAC	Programmation
LEFEBVRE	Chimie MPC
BOK	Physique propédeutique
CHAPEVILLE	Biochimie
BENOIT	Physique CPEM
RIO	Chimie CPEM
JAUZEIN	Géologie ENS
PREVOST G.	Biologie végétale CPEM
FAVARD P.	Biologie animale CPEM
M^me^ CHARNIAUX-COTTON	Evolution des êtres organisés
Mlle FICINI	Chimie CPEM
LEQUEUX	Astronomie
COHEN TANNOUDJI	Physique atomique
TAVERNIER	Physique CPEM
DURAND Michel	Biologie animale SPCN
PASCAUD	Physiologie
M^me^ PETIT	Biologie animale CPEM
CAGNAC	Physique agrégation
FALK-VAIRANT	Physique nucléaire
KRASNER	T Mathématiques
BENZECRI	T Statistiques
VINH MAU	Physique M.G.P.
DUQUESNES	Physique CPEM
SCHUTZEN-BERGER	Programmation
TREMILLON	Chimie MPC
FAYARD	Chimie MPC
BUVET	Chimie CPEM
AUTHIER	Physique MPC
PICINBONO	T Physique CPEM
BONNEFILLE	Electrotechnique
M^me^ PUISEUX DAO	Biologie végétale

Le secrétaire général:
R. POULLAIN

UNIVERSITE DE PARIS

FACULTE DES SCIENCES D'ORSAY

Janvier 1966

PROFESSEURS

MANGENOT G.	T	Biologie végétale
JACQUINOT P.	T	Optique
GUINIER A.	T	Electricité et physique des solides
GRIVET P.	T	Electronique
BLANC-LAPIERRE A.	T	Accélérateur linéaire
L'HERITIER P.	T	Génétique des virus
LEMEE G.	T	Ecologie végétale
MOYSE A.	T	Physiologie végétale
DODE M.	T	Chimie thermodynamique
DENY J.	T	Mathématiques
RIVIERE A.	T	Géologie générale et sédimentologie
MICHEL A.	T	Chimie minérale
MAY R.	T	Anatomie comparée
DELANGE H.	T	Mathématiques
CHAPELLE J.	T	physique expérimentale
LACOMBE P.	T	Métallurgie
BENOIT P.	T	Physiologie générale
GUINOCHET J.	T	Biologie végétale SPCN
NERON A.	T	Mathématiques
NOZERAN R.	T	Botanique approfondie
CASTAING R.	T	Thermodynamique
ELLENBERGER F.	T	Géologie structurale
LEDERER E.	T	Chimie biologique
RIZET J.	T	Génétique
LENDER T.	T	Biologie animale SPCN
POITOU G.	T	Mathématiques
FREON P.	T	Chimie organique
TONNELAT	T	Biologie physico-chimique
BRUNN Jan	T	Géologie historique
JEAN M.	T	Physique nucléaire
BERGERARD J.	T	Zoologie
ROGER J.	T	Paléontologie
LEFORT M.	T	Chimie nucléaire
LAGARRIGUE A.	T	Physique des hautes énergies
JULLIEN J.	T	Chimie structurale organique
ARNULF A.	T	Optique
ROUAULT M.	T	Diffraction électronique
MARECHAL A.	T	Optique théorique et appliquée
MAZET R.	T	Mécanique générale
DAVID Serge	T	Chimie agrégation
GUERIN H.	T	Chimie des gaz et des combustibles
LESIEUR L.	T	Mathématiques MPC et algèbre
KOURGANOFF	T	Astronomie
ARNOULT P.	T	Physique électronique
KAHANE J.P.	T	Mathématiques
BROCHARD J.	T	Physique propédeutique
Mme ROIZEN	T	Physique CPEM
BERTEIN F.	T	Electronique
MALGRANGE B.	T	Mathématiques
CORABOEUF E.	T	Physiologie animale
FRIEDEL J.	T	Physique des solides
CHEVAUGEON J.	T	Cryptogamie
MEYER P.	T	Physique théorique et atomique
LEHMANN P.	T	Accélérateur linéaire
CHABRAL R.	T	Physique propédeutique
DELCROIX J.M.	T	Physique des plasmas
CERF J.	T	Mathématiques
D'ESPAGNAT B.	T	Physique théorique
SCHAEFFER P.	T	Microbiologie
DE GENNES P.	T	Physique des solides
Mme MARTY N.		Physique propédeutique
GOURDIN M.		Physique théorique
PEREZ-Y-JORA		Physique propédeutique
GORENFLOT E.		Biologie végétale SPCN
RIOU M.		Physique nucléaire
BROUSSE R.		Géologie SPCN
LIORET C.		Physiologie végétale
CLAUSER H.		Chimie biologique
JANCOVICI B.		Physique atomique
LURCAT J .		Physique propédeutique
LE BERRE J.		Entomologie
LAVOREL J.		Biophysique
PERIO P.		Physique propédeutique
FETIZON M.		Stéréochimie
CHEMLA M.		Chimie des isotopes
MAZIERES C.		Chimie SPCN
VILKAS M.		Chimie CPEM
BLANDIN A.		Physique des solides
BRUN G.		Génétique
MERCOUROFF		Physique agrégation
ANDRE J.		Microscopie électronique
CHEVALLIER F.		Physiologie animale
Mlle MARCOU		Biologie cellulaire CPEM
BOURDU R.		Physiologie végétale
BERKALOFF A.		Biologie animale CPEM
Mlle LEFORT M.		Biologie cellulaire CPEM
Mme LAMBERT		Physique CPEM
BIZOT J.C.		Physique MPC
GUIRAUD J.P.		Mécanique
LABOUESSE B.		Chimie SPCN

■ ETUDES DE MECANIQUE EXPERIMENTALE
■ SUR LA DENTURE DU RAT

par Georges L. S. SKINAZI

PLAN

INTRODUCTION

I^re^ PARTIE : ELEMENTS D'ORTHODONTIE

1. Historique
2. Diagnostic
3. De l'occlusion
4. De la croissance et de l'âge des traitements
5. Un cas de collection

II[e] PARTIE : FORCES ORTHODONTIQUES

1. Dispositifs actifs et dispositifs passifs
2. Quelques déplacements dentaires
3. Conséquences tissulaires (radiographies)
4. Estimation de l'intensité des forces thérapeutiques : Dynamométrie appliquée
5. Calculs de pressions orthodontiques
6. Appréciation expérimentale des contraintes :
   A) Vernis craquelants
   B) Jauges électriques de contraintes
   C) Photoélasticité

III[e] PARTIE : EXPERIMENTATION SUR L'ANIMAL

1. Matériel et méthodes
2. Calcul des pressions appliquées
3. Observations en cours d'expérimentation
4. Observations téléradiographiques
5. Observations histologiques
   A) Animaux témoins
   B) Animaux contraints

CONCLUSIONS

RESUME

BIBLIOGRAPHIE

Les Hommes ont toujours accordé aux dents le plus grand intérêt. Au point de leur attribuer parfois une valeur sacrée.

Mais il faut que l'homme parvienne à un haut degré de civilisation pour qu'il en vienne à protéger sa denture, et il n'y réussit qu'avec plus ou moins de succès selon le degré d'évolution de ses techniques.

Voilà pourquoi, réduite à peu de choses voici seulement un siècle, l'Odontologie — la Chirurgie Dentaire — a accompli en quelques décennies, avec la Médecine scientifique, et dans l'essor prodigieux des différents domaines de la connaissance, un progrès considérable. A tel point, que dans les pays les plus avancés sur la voie du progrès dentaire, certaines branches de l'Odontologie sont parvenues à constituer de véritables spécialités, et l'on peut dire sans exagération, que l'une des plus respectées, parce que l'une des plus fondamentales, est bien:

L'ORTHODONTIE

Que signifie « Orthodontie » ? Son éthymologie parle: Ortho = droit, Odontos = dent. Parmi bien d'autres, c'est ce terme que nous adoptons, même s'il n'est pas tout à fait complet et ne définit pas tous les confins du domaine qu'il désigne. Ce terme a le mérite d'être simple. Il est compris à l'heure présente par des millions d'individus partout dans le monde. Mais surtout, il évoque l'essentiel: cette « rectitude » équilibrée nécessaire à l'harmonie de la denture.

Que sait-on de l'Orthodontie ? Le public se contente de quelques locutions faciles. « Le-palais-trop-pointu », « les-dents-qui-n'ont-pas-la-place » ou « l'appareil-qu'on-porte-la-nuit » sont autant de clichés, qui procureront longtemps encore, un agrément comparable à celui des vieilles habitudes.

Le praticien, même non spécialiste, se doit d'avoir toutefois d'autres lumières. Un diagnostic et un traitement ne se font pas à l'emporte-pièce. Les clichés tout prêts de suffisent pas. Orthodontie et « arrangement des dents » ne sauraient se confondre, même si une part de la pratique orthodontique, et non la moindre, devait consister dans l'art et les manières de disposer les dents.

Duyzings titrait l'une de ses conférences: « L'Orthodontie: science biologique, médicale, odontologique ».

C'était réunir dans une seule discipline, l'esprit, le cœur, et la main. C'était offrir trois marraines généreuses qui s'accorderaient, sans nul doute, à trouver bien fondée la triade que tous les Orthodontistes situent à la base du développement de leur art:

Mais, comme le monde moderne, la Science est très pragmatique. Elle veut apprendre et appuyer sa connaissance sur des bases solides. Aussi est-elle en droit de s'interroger:

D'où vient l'Orthodontie ?

Comment, grâce à quels éléments, parvient-elle à définir ses objectifs ?

Comment, par quels moyens, s'efforce-t-elle de les atteindre ? Nous nous devons de répondre:

La première partie de notre exposé, par un bref historique, quelques éléments de diagnostic et de traitement, constituera une sorte d'initiation à l'Orthodontie moderne. A ce moment, nous aurons compris pourquoi une part si importante de la pathologie orthodontique, implique si souvent l'intervention de thérapeutiques s'exprimant par des sollicitations mécaniques sur les dents.

La deuxième partie envisagera des exemples précis de sollicitations mécaniques simples. Des calculs de pressions, quelques méthodes physiques particulières rendront possibles l'analyse, l'explication et même parfois la prévision de l'effet de contraintes expérimentales libérées par des dispositifs orthodontiques.

Ces observations « in vitro » nous conduiront naturellement vers une application « in vivo ».

La troisième partie, par souci d'exactitude, portera un titre bien long: « Observation histologique topographique de l'effet de 48 heures de contraintes mécaniques expérimentales appliquées à l'incisive supérieure du rat ».

Ce titre appelle quelques commentaires:

« *Observation histologique topographique* »: car c'était le moyen mis à notre portée permettant d'observer avec précision, tout en demeurant à l'échelle de la dent. Cette échelle est essentielle pour l'Odontologiste, car elle représente pour lui une sorte d'unité de mesure.

« *48 heures* » : c'est-à-dire que nous considérions une phase de mise en contrainte. Nous verrons que cette phase peut représenter aussi une phase traumatique. La pratique orthodontique nous a montré souvent qu'après une activation de leurs appareillages, nos patients pouvaient dénoncer un temps de sensibilité transitoire souvent d'une telle durée.

« *contraintes mécaniques expérimentales* »: à l'inverse des contraintes libérées dans de seuls buts thérapeutiques, parfois d'une extrême complexité. Nous avons voulu déterminer des contraintes élémentaires, car les corrélations entre les contraintes et leurs effets n'en sont que plus précises lorsque les efforts appliqués sont parfaitement définis.

« *incisive supérieure du Rat* »: c'est le problème du choix de l'animal d'expérience. Ce choix est conditionné par toutes les questions matérielles qui se posent lorsque l'on envisage une expérimentation sur quelques animaux. Pour nous il s'ajoutait un désir particulier : celui de parvenir à observer simultanément une véritable gamme de structures dentaires à différents stades de leur édification.

Aucun animal mieux que le Rat ne réunissait autant d'avantages à la fois.

Quant à la préférence marquée pour l'incisive supérieure ?

Remarquons que cette dent est solidaire du reste du massif facial. Cela permet l'application effective de contraintes aux structures parodontaires. L'incisive inférieure, par exemple, est indirectement suspendue par l'articulation temporo mandibulaire et par un muscle symphysaire: quelle part aurait-elle subie, à elle seule, des contraintes appliquées ?

Ces précisions auront délimité le champ de notre travail. Nous espérons qu'il trouvera sa place dans l'énorme chapitre des modifications tissulaires au cours des traitements orthodontiques. Mais, en plus de sa destinée logique, il veut avoir d'autres propos:

- Eveiller la curiosité du praticien pour qu'il soit avide d'ouvrir sa vue aux images concrètes de l'effet réel de ses propres interventions;
- Intéresser le chercheur fondamentaliste. Nous avons placé un ensemble de structures vivantes très particulières, dans des conditions qui ne le sont pas moins, ne s'agit-il pas d'un type d'expérimentations propre à susciter de fructueuses interprétations ?

Première Partie

ELEMENTS D'ORTHODONTIE

I - HISTORIQUE:

3 000 ans avant notre ère, les problèmes dentaires se posaient comme aujourd'hui. Les Egyptiens nous laissent les vestiges de ligatures dentaires faites au moyen de fil d'or, dont les fins orthodontiques peuvent être évoquées.

1 *3000 ans avant J.-C. (Fouilles de Gizeh). Ligature dentaire au moyen de fils d'or (d'après Proskauer et Witt).*

AN 1000

Après quarante siècles de civilisation grecque, étrusque, après la Rome toute puissante, les Arabes parvenaient à l'apogée de leur brillante civilisation en Espagne. A Cordoue, vers l'an 1000, Abulcasis, dans un traité célèbre, fait le point des connaissances chirurgicales de son temps. Il mentionne, avec diverses précisions instrumentales, le limage des dents, sans doute afin de permettre de meilleurs rapports esthétiques et fonctionnels de la denture.

AN 1700

En France, sous les soleils des royautés, le premier des chirurgiens-dentistes, Pierre Fauchard de Grandmesnil, montrait dans le très célèbre ouvrage « Traité des dents » paru en français en 1728, que l'Odontologie pouvait être une authentique science expérimentale. Il écrivait notamment:

LE CHIRURGIEN
DENTISTE,
OU
TRAITE' DES DENTS,
OU L'ON ENSEIGNE LES MOYENS de les entretenir propres & saines, de les embellir, d'en réparer la perte & de remédier à leurs maladies, à celles des Gencives & aux accidens qui peuvent survenir aux autres parties voisines des Dents.
Avec des Observations & des Réflexions sur plusieurs cas singuliers.
Ouvrage enrichi de quarante-deux Planches en taille douce.
Par PIERRE FAUCHARD, Chirurgien Dentiste à Paris.
Deuxieme Edition revûë, corrigée & considérablement augmentée.
TOME PREMIER.
A PARIS,
Chez PIERRE-JEAN MARIETTE, ruë S. Jacques aux Colonnes d'Hercule.
Et chez l'Auteur, ruë des grands Cordeliers.
M. DCC. XLVI.
Avec Approbation & Privilége du Roi.

2 « *Le chirurgien-dentiste* », *traité des dents de 1728 (Ed. J. Prelat)*

« . . . L'ont voit, par ces cinq observations, qu'il est souvent fort aisé de re- »
« dresser certaines dents, pourvu néanmoins que l'on soit muni des instruments »
« convenables, qu'on sache les manier et que l'on observe toutes les circons- »
« tances qu'on rapportera . . . L'on verra qu'il se trouve des dents qui ne sont »
« pas faciles à redresser et qu'il y en a d'autres qu'il ne faut point entrepren- »
« dre de redresser, parce qu'il se rencontre en celles-là des difficultés insur- »
« montables ».

Avec le charme des vieux écrits, le texte montre que le bon Maître se pose des problèmes de diagnostic différentiel. Il reste conscient aussi de la mesure de ses moyens. Mais, c'est un fait: l'Orthodontie existe.

L'enchainement des siècles conduit très vite au grand réveil du XIX^{e}, marqué par le développement des techniques.

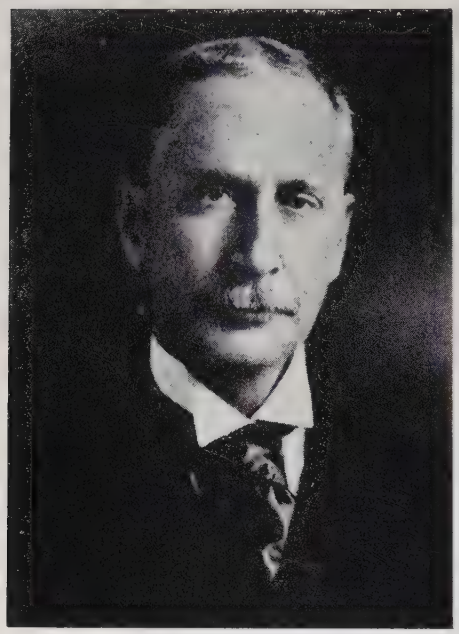
Izard, notre contemporain, dans son très célèbre ouvrage « Orthodontie », distingue au cours du XIX^{e} siècle, trois étapes:

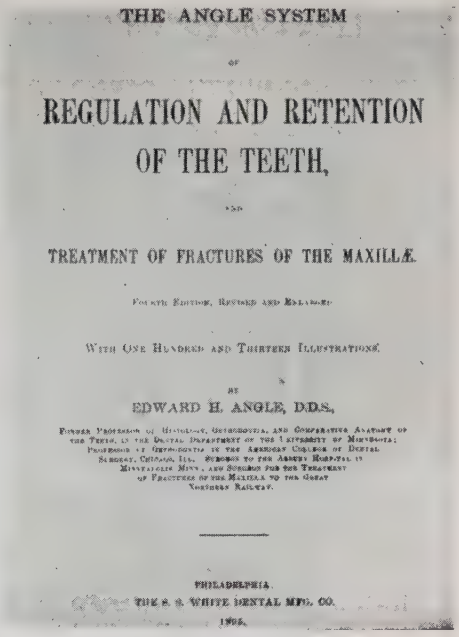
— avant 1839,
— jusqu'en 1875,
— jusqu'en 1900.

Mais il précise aussi qu'aucune de ces périodes ne rompt avec le passé. Il s'agit toujours de perfectionnements mécaniques, de l'utilisation de nouveaux matériaux qui sont tous très importants pour la discipline, mais ne lui apportent pas une sorte d'esprit directeur, qui lui manque encore.

AN 1900

En 1900, la période de l'Orthodontie moderne commence. Une personnalité s'impose, qui devait dominer les esprits pour des dizaines d'années: Edward Hartley Angle.





THE ANGLE SYSTEM

OF

REGULATION AND RETENTION OF THE TEETH,

AND

TREATMENT OF FRACTURES OF THE MAXILLÆ.

FOURTH EDITION, REVISED AND ENLARGED

WITH ONE HUNDRED AND THIRTEEN ILLUSTRATIONS.

BY

EDWARD H. ANGLE, D.D.S.,

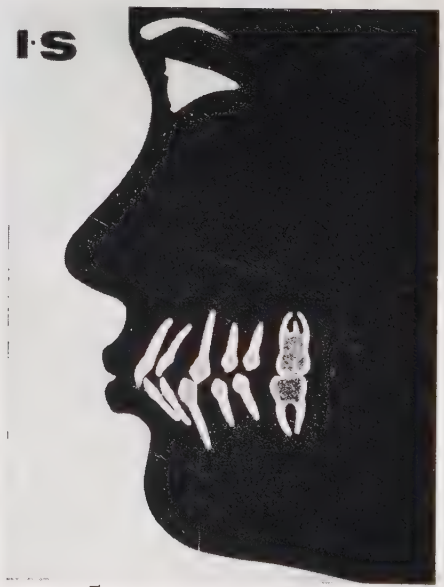
FORMER PROFESSOR OF HISTOLOGY, ORTHODONTIA, AND COMPARATIVE ANATOMY OF THE TEETH, IN THE DENTAL DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA; PROFESSOR OF ORTHODONTIA IN THE AMERICAN COLLEGE OF DENTAL SURGERY, CHICAGO, ILL.; SURGEON TO THE ASHLEY HOSPITAL IN MINNEAPOLIS MINN., AND SURGEON FOR THE TREATMENT OF FRACTURES OF THE MAXILLÆ TO THE GREAT NORTHERN RAILWAY.

PHILADELPHIA
THE S. S. WHITE DENTAL MFG. CO.
1900.

3 *Portrait d'E. H. Angle, l'un de ses ouvrages célèbres.*

Angle cesse de ne juger les différents cas orthodontiques que sur la disposition des seules dents antérieures. Il s'inquiète des rapports de toutes les dents. Cela le conduit à créer une classification clinique basée sur un symptôme fondamental, celui de l'occlusion dentaire.

4 *Classe I.*



5 *Classe I. Subdivision.*

Trois classes simples et des sous-classes ou « divisions » définissent quelques entités cliniques.

Ces « classes » présentent un tel intérêt pratique qu'elles sont rapidement adoptées dans le langage courant. Elles demeurent un excellent moyen d'expression, toujours employé. Elles suscitent d'ailleurs périodiquement les critiques de certains orthodontistes, le plus souvent en Europe. Ceux-ci, hérissés justement par un emploi abusif de la classification d'Angle, n'hésitent cependant pas à s'en servir opportunément lorsqu'il s'agit de définir, entre spécialistes, une figure clinique bien connue d'eux.

6

7

8

6 *Classe II. Division 1.*
7 *Classe II. Division 2.*
8 *Classe III.*

Avec Angle (1908), les phénomènes de croissance osseuse commencent à être soupçonnés. Leur participation aux processus orthodontiques entre doucement dans les préoccupations d'alors.

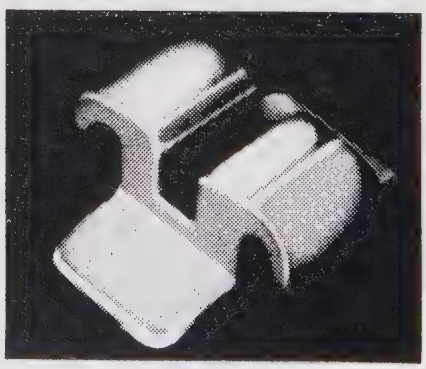
Avec Angle apparaîssent de farouches principes conservateurs de toutes les dents. Peut-être s'expliquent-ils en partie par les siècles passés à extraire et par l'observation devenue trop fréquente de dentures mutilées. Mais ces principes dépassent le louable désir d'être conservateur. Ils aboutissent à davantage encore qu'une « Philosophie d'Ecole ». C'est une véritable « Mystique occlusionniste » qui' s'empare de l'Amérique : toutes les dents doivent être conservées, dans tous les cas, afin de pouvoir établir une occlusion dentaire complète et parfaite. Cette occlusion est alors garante d'une bonne fonction, d'un excellent équilibre des arcades dentaires ainsi édifiées. Cette occlusion assure en outre une esthétique faciale optimale.

De telles conceptions, défendues avec l'autorité que tous ses contemporains reconnaissaient à Angle, n'allaient pas sans outrance. Elles bousculèrent les opinions différentes d'autres orthodontistes, Case fut parmi les plus illustres.

Mais, grâce à la qualité même de son œuvre, Angle allait, de manière probablement involontaire, offrir le moyen de réparer ces excès. En voici une explication :

Lorsque la théorie devenait pratique, il fallait bien positionner toutes les dents sur les arcades dentaires. Pour cela, il fallait solliciter les dents avec des dispositifs mécaniques. Dans ce temps-là, Angle disposait d'appareillages aptes à verser (obliquer) l'axe principal des dents. Les rapports coronaires étaient apparemment satisfaisants, mais il demeurait que l'axe des dents restait versé par rapport aux forces présumées de la fonction, et Angle ne devait guère apprécier ce fait. Il a donc voulu disposer les dents de manière à ce que leur grand axe soit confondu avec la direction principale des forces de la mastication. La force principale paraissait verticale, les dents adopteraient donc cette sorte de verticalité. Cela devait le conduire nécessairement à la notion d'un déplacement dentaire total.

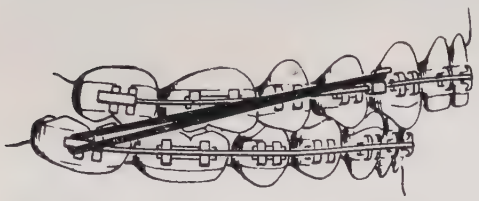
Case l'avait envisagée déjà auparavant. Mais, avec un grand génie inventif, une succession de recherches conduisait Angle en 1928 à présenter un outil de travail remarquable qui, lui, devenait apte à servir ses propos : « l'Edgewise Appliance ».



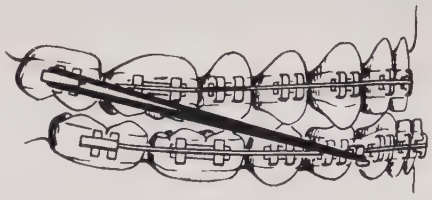
9 *Console simple « Edgewise »*

10 *Schéma en coupe sagittale de la même console.*

En réalité, Angle a forgé un bon outil de travail. Des centaines de praticiens adroits s'en sont servi. Ils se sont aperçus qu'il ne suffit pas de placer toutes les dents verticales pour assurer leur stabilité définitive. Leurs opinions ont donc évoluées. Mais, 40 ans après, avec de multiples améliorations, ils conservent une technique qui reste l'une des plus brillantes et des plus appréciées.



11 *Appareillage Edgewise complet haut et bas, avec ancrage intermaxillaire de type classe II.*



12 *Appareillage Edgewise complet haut et bas, avec ancrage intermaxillaire de type classe III.*

An 1940

Parmi les élèves d'Angle qui devaient devenir de célèbres orthodontistes, Graber cite Charles Tweed.

Or, 20 ans environ après que Angle ait présenté l'Edgewise, Tweed semble avoir beaucoup évolué, lui aussi, par rapport aux principes qui lui furent enseignés :

Il estime,

- qu'il est nécessaire de placer la denture à l'aplomb des os de base qui la soutiennent;
- qu'il faut assurer par les contacts des dents entre elles, l'équilibre biomécanique de la denture.

Ses conceptions de l'esthétique faciale visent à placer la partie inférieure du profil (la plus influencée par la denture) dans une position la plus rectiligne possible par rapport au reste du visage.

Ses moyens techniques sont d'une très haute qualité. Ils permettent de positionner la denture avec une très grande précision. Il faut rappeler à cet égard, qu'il utilise aussi la technique Edgewise et qu'il en a même affiné les modalités d'emploi.

Toutes ces notions réunies font que Tweed se voit souvent contraint de pratiquer des extractions de dents.

Nul ne pensera qu'il s'agit en aucune mesure d'une méthode de facilité ou d'une quelconque insouciance vis-à-vis de principes conservateurs de la denture. Tweed sera plutôt parvenu à se rendre compte que, dans un grand nombre de cas, le seul moyen de réaliser ses objectifs et de conserver la stabilité de ses résultats était de pratiquer des extractions et de repositionner ensuite la denture. Ceux qui ont pu observer par eux-mêmes les résultats qu'il obtient s'accordent à reconnaître la perfection de ses succès et la qualité qui subsiste dans nombre de ce qu'il appelle ses échecs.

Mais « Case-Angle » « extractionniste - non extractionniste », il s'agit d'une querelle qui devient périmée. Il fallait pourtant l'évoquer pour que l'on connaisse l'un des problèmes importants du passé de l'Orthodontie. Il est maintenant évident que l'intérêt des malades réclame de savoir être extractionniste ou conservateur opportunément et bien des travaux récents d'orthodontistes français montrent la nécessité de savoir faire cette discrimination. Tous s'accordent : le premier élément à considérer avant de choisir une attitude thérapeutique, c'est le Diagnostic.

II - DIAGNOSTIC

Le diagnostic aussi mériterait d'être étudié sous son angle historique, car il a en effet beaucoup évolué dans le temps. Aujourd'hui la morphologie y tient une place très importante. Elle constitue le reflet d'une profusion de facteurs d'importance variable, mais dont on ne peut pas dire qu'un seul soit négligeable.

Examinons plutôt les éléments qui servent à établir un diagnostic étayé. Illustrons notre propos par un exemple concret (voir Figures).

Le patient offre un tout. Il faut donc l'observer lui-même, vivant. Son examen méthodique est capital :

- l'examen exobuccal;
- l'examen endobuccal de la denture, des procès alvéolaires, des maxillaires, des muscles en état de repos et en état de fonction, constituent, avec un interrogatoire et les éventuelles précisions du médecin généraliste, un ensemble d'éléments de haute valeur. Il permet au praticien rompu à la discipline orthodontique de se faire une idée, au moins sommaire, d'un cas donné.

Le patient offre tout, disions-nous, mais il offre tout en même temps. Aussi, entre une impression clinique et un diagnostic précis assorti de notions pronostiques et d'intentions thérapeutiques, il y a un fossé que les examens complémentaires aident à franchir.

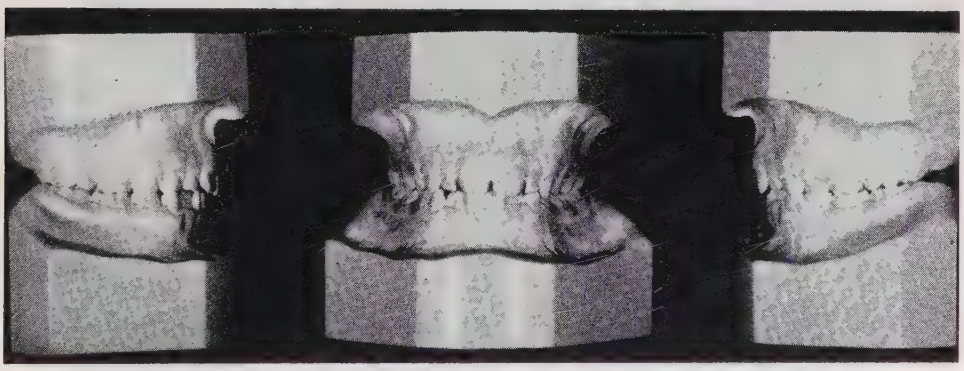
Les critères esthétiques seront soigneusement codifiés par l'examen de photographies du visage, de face et de profil (voir *Fig. 13)*.

Ces photos seront prises par des opérateurs spécialisés. Ils s'appliqueront à ne pas dégager une certaine mimique personnelle et momentanée du sujet. Ces photographies constituent en effet des documents objectifs qui permettront la lecture de lignes, de plans, de convergences, afin de déterminer des rapports esthétiques liés au matériel vivant que le sujet emploie.

13 *Les photographies.*

Les critères d'occlusion seront appréciés sur les moulages à condition que ceux-ci soient lisibles. Dans ce cas ils révèleront parfois davantage que l'examen clinique :

- la forme, la direction des procés alvéolaires,
- les voussures occasionnées par des germes en voie d'évolution ou, au contraire, retenus,
- l'insertion basse de freins ou de brides musculofibreuses,
- la position précise des dents,
- les malpositions qui pourront être décrites une par une . . .



14 *Les moulages.*

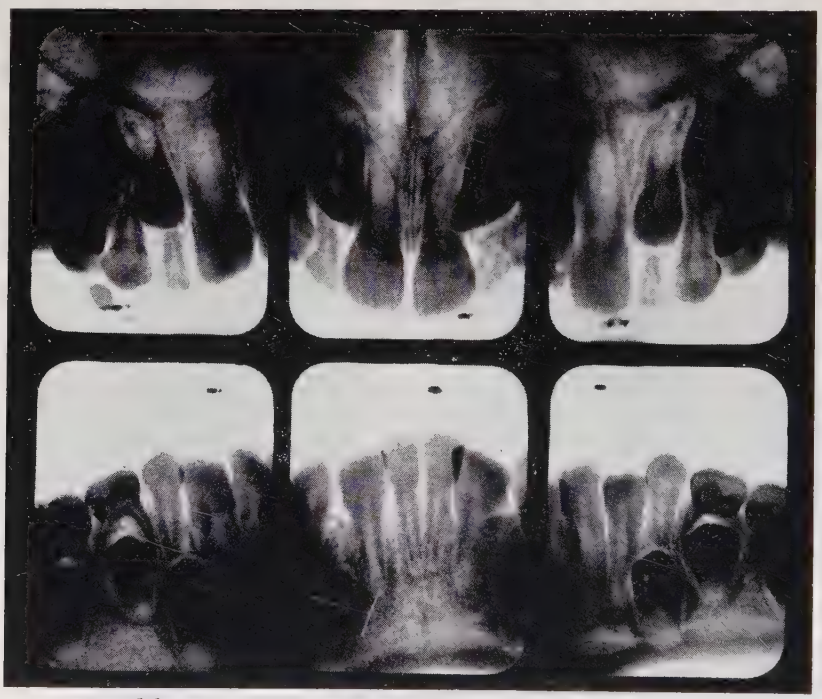
15

Les moulages (Plan)

Puis les dents seront facilement comptées, mesurées. Le cas échéant, les dents seront découpées et remontées dans des dispositions qui permettent de préfigurer des résultats de traitements. Ces procédés souligneront les difficultés rencontrées au cours de ces déplacements. Alors qu'il n'avait pas d'autres moyens à sa disposition, Tweed taillait ses moulages d'études de façon à essayer de calculer l'angle fait entre l'axe de certaines dents et leur support osseux.

Mais ces examens restent encore trop discrets. Ils demeurent des examens de surface, et la radiographie s'est avérée indispensable au diagnostic de l'orthodontiste.

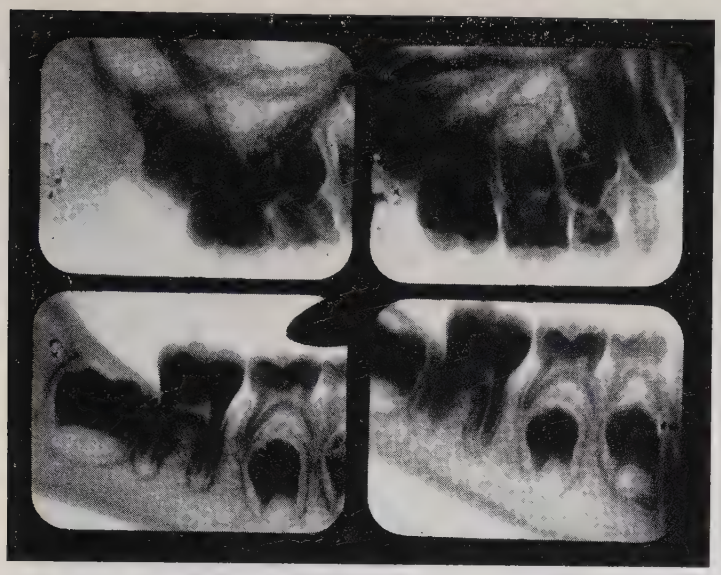
Les radiographies intrabuccales dénoncent la présence ou l'absence de germes dentaires. Elles précisent les axes d'éruption et les obstacles que les dents peuvent rencontrer. Au prix de précautions particulfières, elles permettent d'apporter de précieux renseignements d'ordre dimensionnel, afin d'apprécier l'importance d'un matériel dentaire en voie d'édification. La qualité de la trabéculation osseuse, les formes radiculaires indiqueront que tel ou tel déplacement sera peut-être plus ou moins difficile, voire impossible dans tel ou tel sens Les clichés pris en position d'occlusion permettent de juger une nouvelle fois des rapports dentaires des dents des deux arcades.



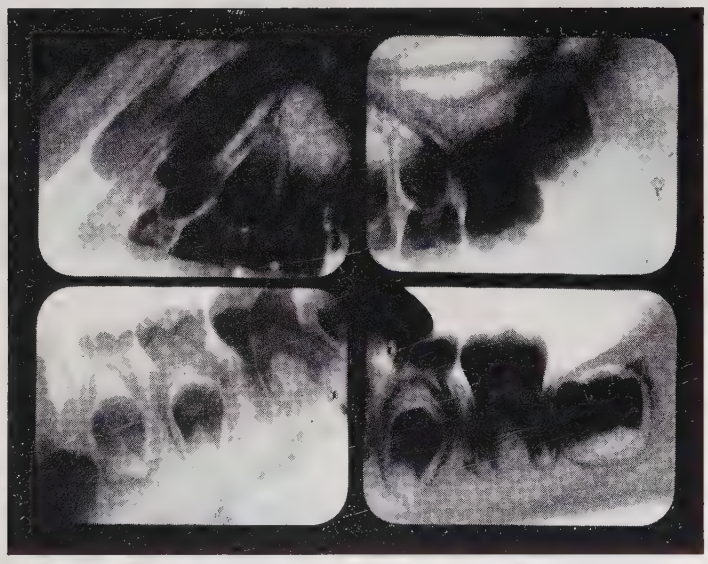
16 LES RADIOGRAPHIES. — *Bloc incisivo-canin*

Avec ces éléments, nous nous trouvons dans la position du plus comblé des orthodontistes, vers 1938, qui eût en main les moyens modernes d'alors.

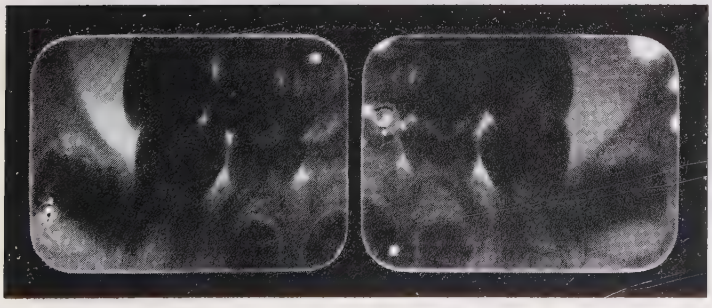
Mais depuis les travaux de Broadbent (à partir de 1938), une série de techniques très remarquables vient s'ajouter aux moyens classiques, sans toutefois les remplacer.



17 *Bloc molaire D.*



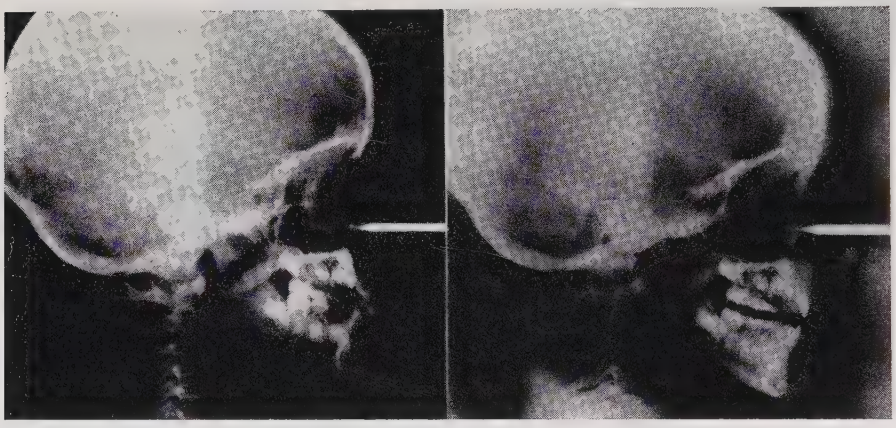
18 *Bloc molaire G.*



19 *Film: « Rapports des dents en occlusion. »*

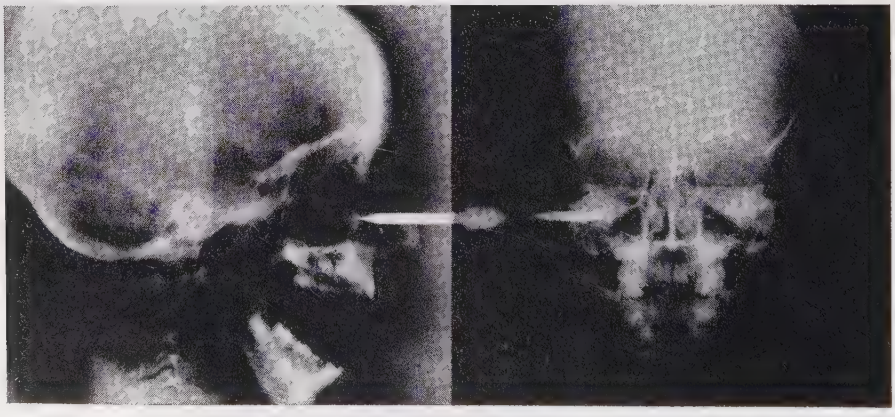
Les examens téléradiographiques de l'ensemble de la tête constituent donc ces moyens extraordinairement précieux. Ils sont inutiles, si leur observation est pratiquée à la sauvette, le nez en l'air, ou dans la lumière inégale d'une lampe à incandescence. Ils constituent par contre des moyens d'une irremplaçable précision lorsque ces films donnent lieu à des analyses particulières bien conduites. En effet, un film parvient à fixer le sujet dans une attitude définie. Il permet, pour cette attitude, de procéder à une série de mensurations, d'évaluations angulaires ou millimétriques. Puis ces mesures sont comparées à des standards qui ont été établis d'après un grand nombre de cas reconnus « normaux ».

LES TELERADIOGRAPHIES



20 *Profil en occlusion.*

21 *Profil. Repos physiologique.*



22 *Profil. Bouche ouverte.*

23 *Face. En occlusion.*

L'intérêt de pouvoir rapprocher un cas précis d'une sorte d'abstraction de « cas normal » est proprement énorme. L'orthodontiste peut déjà sortir de l'estimation vague et subjective du « Grand » du « Petit » ou du « Moyen ». Ensuite, comme il arrive à dégager une série de tendances orientant un cas vers la normalité, il parvient à isoler les autres tendances qui s'en éloignent, et il surgit alors certaines contradictions, qui signent la plupart du temps une disposition pathologique.

L'intérêt diagnostic paraît évident. Depuis quelques années il s'y ajoute une signification pronostique.

Après Broadbent et Brodie, comme Margolis, Bjork ou Korkhaus qui fut parmi les premiers, Tweed compare le sujet à lui-même dans le temps, sur des clichés pris à des intervalles réguliers, par exemple tous les six mois, sans traitement, puis avec traitement. Ainsi il peut faire la part de ce qui est modification de croissance, modification résultant du traitement orthodontique associé à la croissance, ou effet du traitement seul lorsque l'âge du sujet laisse entendre qu'il n'y avait plus de croissance à espérer.

Ricketts conduisit dans le même esprit plusieurs séries d'études céphalométriques très remarquables. Il y ajouta, comme J. R. Thompson, des examens sur clichés fixes de divers mouvements conscients ou inconscient. Il parvient même, grâce à des observations radio-cinématographiques, à recréer des animations. Les principaux enchaînements de mouvements de pièces squelettiques, comme la mandibule ou l'os Hyoïde et le jeu de muscles participant à l'élocution de différents phonèmes y sont représentés.

La céphalométrie n'est pas seule à nous renseigner, Cauhepé exploite des indications fournies par des jauges électriques de contraintes pour parvenir, comme Picton ou Ledley, à des appréciations sur la denture en fonction.

Nous voyons apparaître pour demain une orthodontie qui inclura dans ses critères des éléments dynamiques. Cela nous incite à reconsidérer dès aujourd'hui certaines des notions que le passé pourrait laisser supposer définitivement acquises.

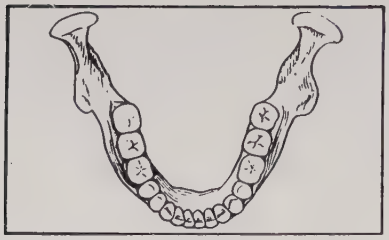
III - DE L'OCCLUSION

Nous accordions la plus large place à l'observation des critères dentaires de l'occlusion. Plus de soixante ans après Angle, faut-il leur retirer toute signification ? La question est d'importance.

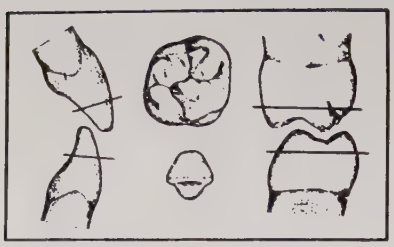
La position d'occlusion représente un temps si remarquable, mais tellement polymorphe, qu'elle a donné lieu à des dizaines d'interprétations. Beaucoup de termes la qualifient, centrique, centrale, centrée, maximum, de convenance, etc., etc., et finalement donnent lieu à beaucoup de confusion .

L'occlusion consiste dans le rapport en contact des dents des deux arcades.

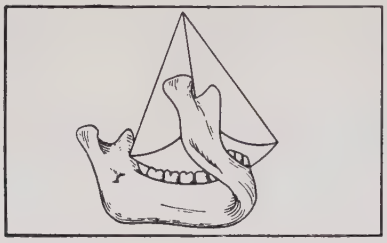
Les dents se rejoignent. Il est indispensable qu'elles y parviennent pour que les aliments soient finalement dilacérés par la mastication et pour qu'une véritable déglutition se substitue à une succion. Pour un sujet donné, il existe donc une certaine position de contacts dentaires par laquelle il passe, bien ou mal, mais d'une manière qui lui est possible. Il ne faut pas croire que cette position s'assortit nécessairement du maximum de contacts dentaires. Les rapports des dents sont ce qu'ils sont au moment de l'apparition de la denture.



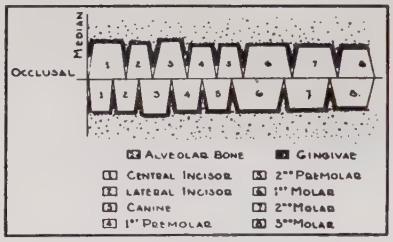
Dental arch formation (alignment of the teeth).



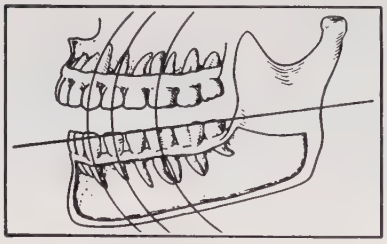
Functional form of the teeth at their incisal and occlusal thirds.



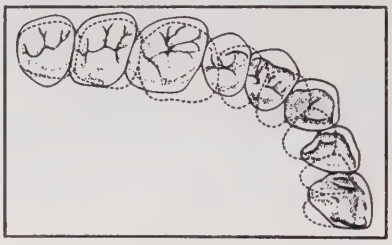
Compensating curvatures of the dental arches (curved occlusal planes).



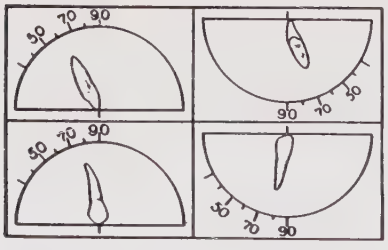
Facial relations of each tooth in one arch to its antagonist or antagonists in the opposing arch in centric occlusion.



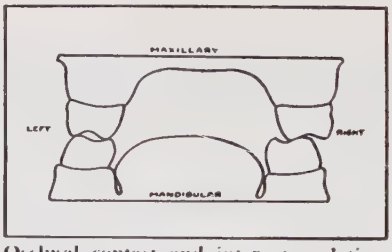
Compensating curvatures of the individual teeth (curved axes).



Occlusal contact and intercuspal relations of all the teeth of one arch with those in the opposing arch in centric occlusion.



Angulation of individual teeth in relation to various planes.



Occlusal contact and intercuspal relations of all the teeth during the various functional mandibular movements.

(From Wheeler: Textbook of Dental Anatomy and Physiology. 3rd ed.)

24 *Les critères de l'occlusion, d'après Weeler.*

Le jeu des migrations, celui des abrasions finit ensuite par établir une certaine figure d'occlusion. Nous estimons que c'est « l'occlusion habituelle ».

Elle est une vérité de pratique sollicitez le patient pour qu'il se place en occlusion : après quelques errements (car la position n'est pas consciente), il parviendra dans cette position d'occlusion « habituelle ». Nous savons bien que cette position, parmi toutes les autres, n'est qu'une position momentanée, mais lorsqu'il y a des dents, cette position instantanée est codifiable. La classification d'Angle ne fait rien d'autre que de comparer le code du patient au code présenté par un grand nombre de sujets « normaux » à un moment donné.

Si ce code du patient n'est pas conforme aux canons d'Angle, mais :

- qu'il s'assortit de fonctions normales (condyle, phonation, mastication, etc.);
- qu'il n'occasionne pas de troubles pathologiques et satisfait à ce que nous savons des principes prophylactiques de l'Odontologie (bourrages alimentaires, alvéololyses, algies temporo-mandibulaires, etc.);
- que les critères esthétiques conviennent au porteur de la denture; il est évident que l'occlusion est bonne. Les canons occlusionnistes définis par Angle ne conservent plus qu'une valeur théorique de comparaison. Et nous ne sommes pas nécessairement occlusionnistes à la manière d'Angle.

Nous ne le sommes pas davantage lorsqu'il s'agit de proposer à notre patient, au lieu d'un schéma occlusal classique et conventionnel, un autre schéma. Nous nous préoccupons du contact des dents entre elles, de leur équilibre sur les os de base, de meilleures fonctions, d'une esthétique plus satisfaisante, et enfin de savoir si un nouveau schéma occlusal est réalisable. Ne vaut-il pas mieux construire une occlusion très améliorée plutôt que de ne jamais aboutir à une occlusion d'une perfection toute conventionnelle ?

Tout au long de la pratique orthodontique, les critères de la classification d'Angle restent donc des auxiliaires remarquablement utiles, si nous ne les considérons pas comme des buts thérapeutiques imprescriptibles. Si nous voulions leur substituer d'autres critères, le pourrions-nous, à l'heure actuelle ? La logique aimerait des classifications étiologiques, mais, lorsque, avec raison, nous nous sommes préoccupés de facteurs somatiques, héréditaires ou métaboliques qui déterminent la forme d'un squelette ou d'une denture; lorsque nous y associons des facteurs psychologiques qui viennent conditionner des habitudes particulières ou qui participent à la régulation de l'activité musculaire par exemple; nous parvenons à dresser un bilan étiologique remarquable, mais d'une infinité de facteurs ! Il nous apparaît, de plus, à ce moment, que nous ne savons pas intervenir sur la plupart de ces facteurs, si bien que nous parvenons, dans un dédale propre à susciter la plus grande perplexité.

Est-il possible d'offrir à l'orthodontie une formule parfaite permettant d'obtenir à tout coup une excellente occlusion équilibrée ?

Toutes les préoccupations diagnostiques, pronostiques, toutes les conceptions orthodontiques, toutes les théories et parfois les « recettes » de praticiens chevronnés convergent vers ce but. Aucune ne prétend l'atteindre toujours.

Quelques exemples types nous feront mieux comprendre certaines des attitudes thérapeutiques.

1) *Devant une occlusion de type Classe I* avec un volume dentaire considérable dépassant les limites qui sont offertes par les os de base (ces cas réalisent souvent une biprotrusion ou de nombreuses malpositions dentaires). Comment intervenir plus raisonnablement que par des extractions suivies du repositionnement des dents par des méthodes mécaniques ?

25 *Biprotrusion (classe I)*
Avant traitement.

26 *Biprotrusion (classe I)*
Résultat théorique.

27 *Classe III.*
Avant traitement.

28 *Classe III.*
Résultat théorique.

2) *Devant une occlusion de type Classe III*, dont la sévérité n'impose pas de recourir à la chirurgie. Comment mieux intervenir qu'en s'efforçant de rétablir les rapports dentaires perdus, même au prix d'une compensation forcée des procés alvéolaires ? Nous inciterons le procés alvéolaire supérieur à la vestibulo-version, et le procés alvéolaire inférieur à la linguo-version. Ce dernier mouvement sera, certaines fois, rendu possible par des extractions de prémolaires inférieures ou d'une incisive inférieure, afin de réduire le volume excédentaire de cette arcade inférieure qui déborde. Une telle correction est d'autant plus à désirer que nous observons certains cas, qui ,spontanément, se sont efforcés de réussir de tels rapports. Et nous savons que si la correction spontanée s'est opérée, mais n'a pas suffit, notre traitement n'en sera que plus difficile.

Que dire, enfin, des attitudes thérapeutiques devant

3) *les malocclusions de type Classe II*. Choisissons l'exemple le plus probant sur le plan clinique, et parfois le plus déconcertant sur le plan thérapeutique.

Devant un cas de Classe II, division1.

Pour certains, la thérapeutique offrira d'abord une piste occlusale, souvent au prix d'une dilatation des arcades dentaires. A ce mouvement d'expansion transverse, on associera un déplacement mandibulaire total d'arrière en avant d'hyperpropulsion mandibulaire. La rééducation du jeu musculaire, associée aux modifications attendues de l'articulation temporo-mandibulaire, viendront entériner cette position. Dans ces méthodes, la tendance thérapeutique est d'intervenir très jeune. Il faut donner en effet un tuteur occlusal à une articulation qui est en train de s'édifier, dans un territoire où les centres ostéogénétiques subsistent, et sont même en pleine évolution.

Mais cette vue n'est pas la seule à être défendue.

Pour d'autres, il faut adapter la denture aux conditions squelettiques et musculaires en la conduisant cependant vers les rapports dentaires les plus normaux possibles. Le déplacement mandibulaire d'arrière en avant ? Il n'est pas empêché, parfois même il est sollicité par des tractions intermaxillaires. Mais il ne se produira vraiment, et donc de manière durable, que si la mandibule se trouvait artificiellement retenue dans une position anormalement postérieure, du fait de certains obstacles, dentaires par exemple. Ces méthodes appuient leur thèse par la très remarquable constance du repos physiologique mandibulaire. Au cours de la vie, cette position reste sensiblement la même à cause de l'impossibilité de modifier le tonus musculaire. Dans ces techniques, les praticiens commencèrent à s'adresser à des dentures évoluées vers l'âge de 11 ou 12 ans.

Ils se dirigent maintenant vers des thérapeutiques précoces, en denture mixte, vers 6 ou 7 ans, afin de diminuer le temps mécanique des corrections, mais surtout afin de se faire de la croissance faciale une sorte d'alliée.

Devant une dualité de méthode, on pourrait penser, dans une certaine logique, que le choix de l'une ou l'autre de ces thérapeutiques reste seulement une affaire de diagnostic morphologique pur. Nous voulons dire que, par comparaison avec un certain standard par définition « normal », lorsque l'on annoncerait malocclusion distale mandibulaire, on interviendrait automatiquement par une hyperpropulsion mandibulaire ou par un ancrage intermaxillaire.

Cela risque d'être faux. En effet, devant une malocclusion distale mandibulaire, si rien ne laisse espérer une progression mésiale de la mandibule, il faudra bien traiter comme pour une malocclusion mésiale du maxillaire supérieur. L'hyperpropulsion sera éliminée, l'ancrage intermaxillaire parfois conservé, car il ne faudra espérer pour la correction de l'occlusion que de la possibilité de déplacer la pars alvéolaris. Là encore, les principes de Tweed pourront indiquer la limite du déplacement inférieur. Souvent la part la plus importante de la compensation viendra du procés alvéolaire supérieur.

C'est pour cette raison notamment, qu'en même temps que la seule notion d'occlusion est tout à fait primordiale, elle ne suffit pas. Nous estimons qu'elle doit être rapprochée de la notion du repos physiologique mandibulaire.

En définitive, il nous semble très utile de considérer :

- une série de III Classes de l'occlusion dentaire;
- une série de III classes basales définies par les rapports des limites des bases osseuses, observées sur des films en occlusion d'une part, et sur des films en repos physiologique d'autre part. (Steiner montre de tels soucis dans un temps de son analyse, lorsqu'il étudie les positions mandibulaires). Mais nous pénétrons là un peu au-delà de la simple initiation, et nous aurons nous-mêmes encore beaucoup à apprendre dans ce domaine, au cours des années qui viendront.

Nous ne voulons pas achever cette initiation, sans évoquer brièvement l'un des problèmes les plus difficiles qui se pose à notre spécialité. Il n'y a pas que le problème de l'occlusion. Que dire des problèmes de croissance, car le fait de l'éventualité de modifications des pièces anatomiques sur lesquelles l'orthodontiste intervient, n'est pas sans occasionner quelques malentendus.

IV - DE LA CROISSANCE ET DE L'AGE DES TRAITEMENTS

Nous savons tous que la croissance intersticielle osseuse dans la sphère maxillo-faciale et dentaire s'arrête très tôt. Une fois les centres ostéogénétiques calcifiés, la croissance ne peut plus être qu'appositionnelle. L'accroissement en volume de la partie antéro-inférieure de la face n'est dû, pour sa part la plus importante, qu'à l'édification de la denture avec ses procés alvéolaires. Aussi ces quelques observations, précieuses dans leur simplicité, suffisent à fixer quelques règles élémentaires de conduite orthodontique. Elles sont liées très directement à *l'Age* auquel on doit intervenir.

Si il n'y a pas de décalage important entre âge dentaire et croissance générale, il se trouve que les trois étapes dentaires correspondent à des réalités certaines en pratique orthodontique.

- *En Denture Lactéale :* peu de moyens orthopédiques complexes sont réellement indiqués. L'action très précise sur les dents lactéales apportera une masse de préparations délicates et ne permettra pas de retrouver toujours en échange, autant de précision dans le positionnement spontané de la denture dé-

finitive. Comme l'à très bien démontré O'Meyer, il existe une indépendance entre le procès alvéolaire lactéal et le procès alvéolaire définitif, chaque dent étant en quelque sorte propriétaire de son support. Le procès alvéolaire naît, vit et meurt avec la dent (Tomes). Par contre, c'est une période où les troubles qui influent sur la position relative des bases osseuses doivent être combattus. Les habitudes pernicieuses, les occlusions croisées tranversalement ou sagittalement ne doivent pas être tolérées. La phonation, la déglutition doivent être éduquées, car si ces enseignements s'appliquent à un enfant apte à enregistrer ces orientations thérapeutiques, les futurs problèmes orthodontiques de l'enfant risquent d'être considérablement simplifiés et parfois même résolus.

- *En Denture Mixte :* C'est véritablement le début d'une nouvelle période orthodontique. Les rapports dentaires concernent maintenant la denture définitive. Ils seront modifiés dans le sens de la normalité, compte tenu du fait que les dents lactéales jouant approximativement leur rôle de guide naturel, il sera possible d'agir opportunément par le pilotage orthodontique. Les dispositifs aptes à maintenir l'espace pour les dents ou à le créer seront mis en place. Si l'intervention favorable de la croissance peut être encore espérée, nous solliciterons son concours. Parmi les dispositifs souhaitant influencer la direction de la croissance, les ancrages extra oraux connus depuis Kingsley et Oppenheim constituent d'excellents moyens. Les contraintes qu'ils appliquent pourraient favoriser une stimulation pour les centres ostéogénétiques et les sutures au niveau desquelles la croissance s'opère. Le mécanisme réel de leur action reste encore mystérieux, mais ils ne risquent pas d'offrir le dangereux agrément d'une pseudo correction forcée. Sans prétendre représenter la panacée, ils permettent d'intervenir jusqu'à la période de denture définitive. Ils auront favorisé des corrections « spontanées » et permettront de considérer à ce moment un cas évolué et relativement « fixé ». Leur rôle deviendra ultérieurement celui d'un élément de stabilité mécanique pour les appareillages employés.

- *En Denture Définitive :* Il semble que peu de modifications très considérables des pièces anatomiques puissent être assurées à tout coup. Il est prudent de ne compter que sur les aménagements des procès alvéolaires car ils restent les plus accessibles et les mieux capables d'établir l'ordre, là où il ne s'est pas déjà réalisé. Une intervention sur ce territoire peut d'ailleurs apporter des modifications très appréciables. Quant à savoir toujours et par avance si cet ordre se maintiendra définitivement lorsqu'il aura été obtenu, un célèbre orthodontiste répond par une boutade qui ne cache pas son embarras : il est prêt à donner la moitié de ses honoraires à qui saurait maintenir la totalité de ses résultats de traitements. A notre connaissance, aucun mage ne s'est présenté à lui.

V - APPLICATION

A la lumière de ces dernières indications thérapeutiques, examinons un cas de collection de :

Classe II Division I

Ce cas est choisi pour son caractère très démonstratif. Nous pensons qu'avec une autre initiation que celle des pages précédentes, certaines des méthodes employées ici auraient pu paraître choquantes, ou révolutionnaires, tant que le résultat n'était pas obtenu. Aujourd'hui, elles nous paraissent très raisonnables. Remarquons qu'il y a eu :

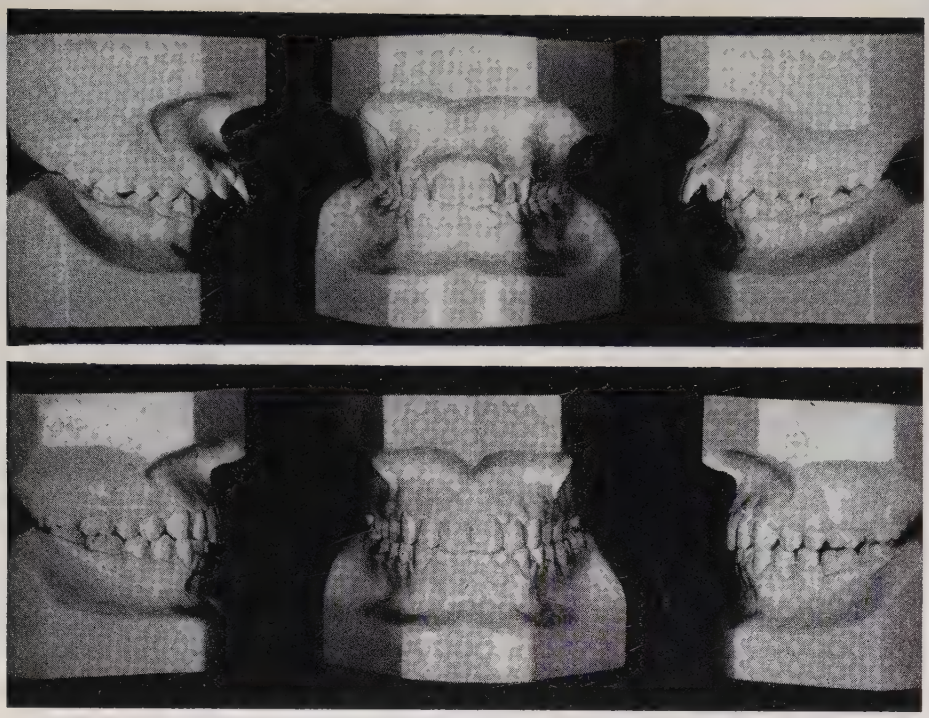
- réduction du matériel dentaire par extraction des 4 dents de 6 ans ;
- conservation et utilisation des 4 dents de sagesse.

CAS DE CLASSE II — DIVISION I

(Collection P^r O'Meyer)

29 *Les photographies – Avant traitement.*

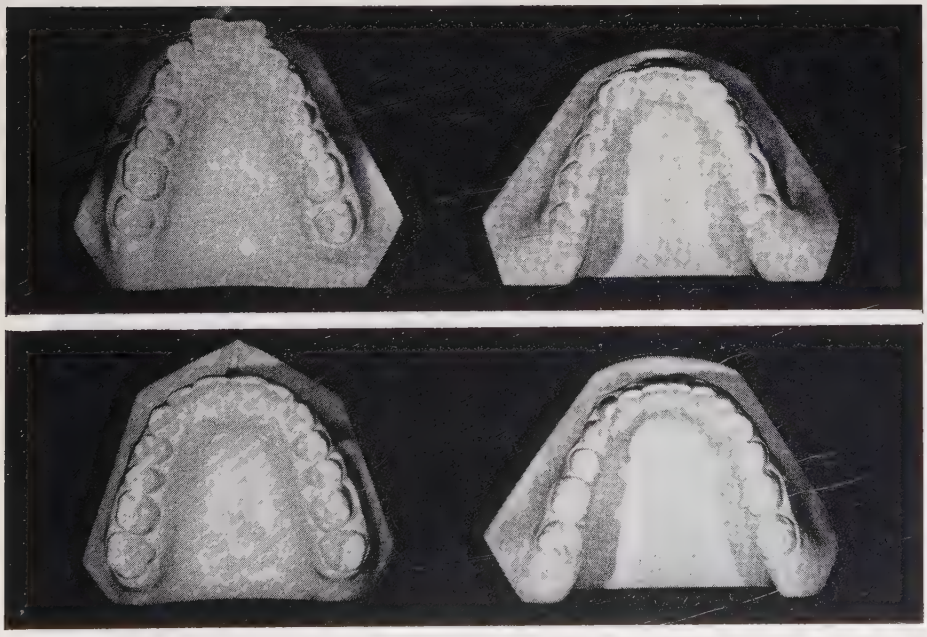
30 *Les photographies — Après traitement.*

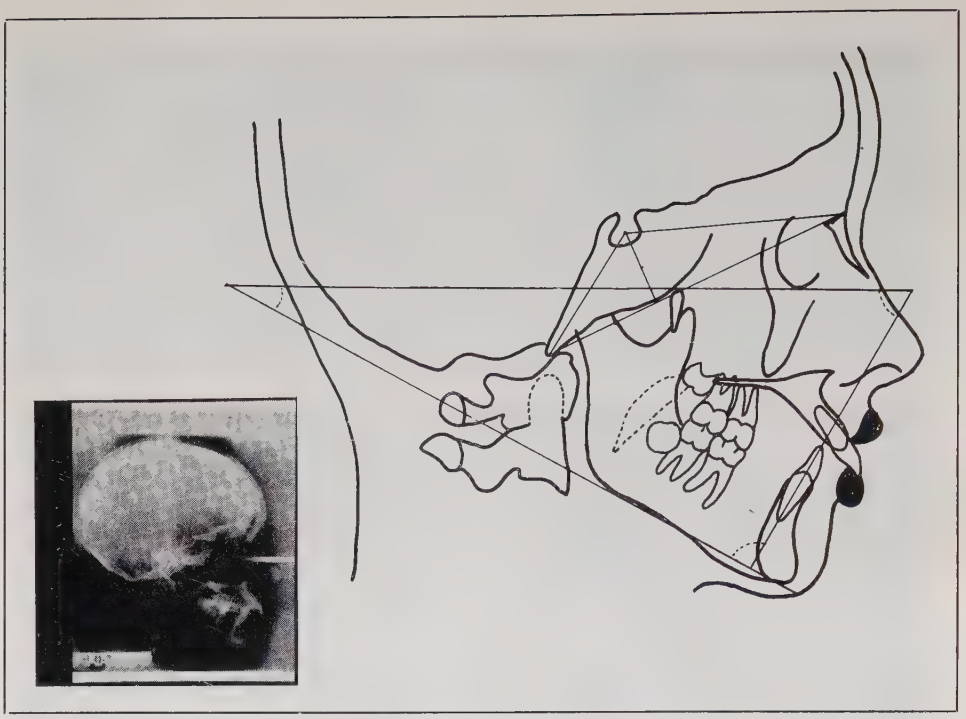


▲
31

Les moulages — Avant et après traitement.

32
▼

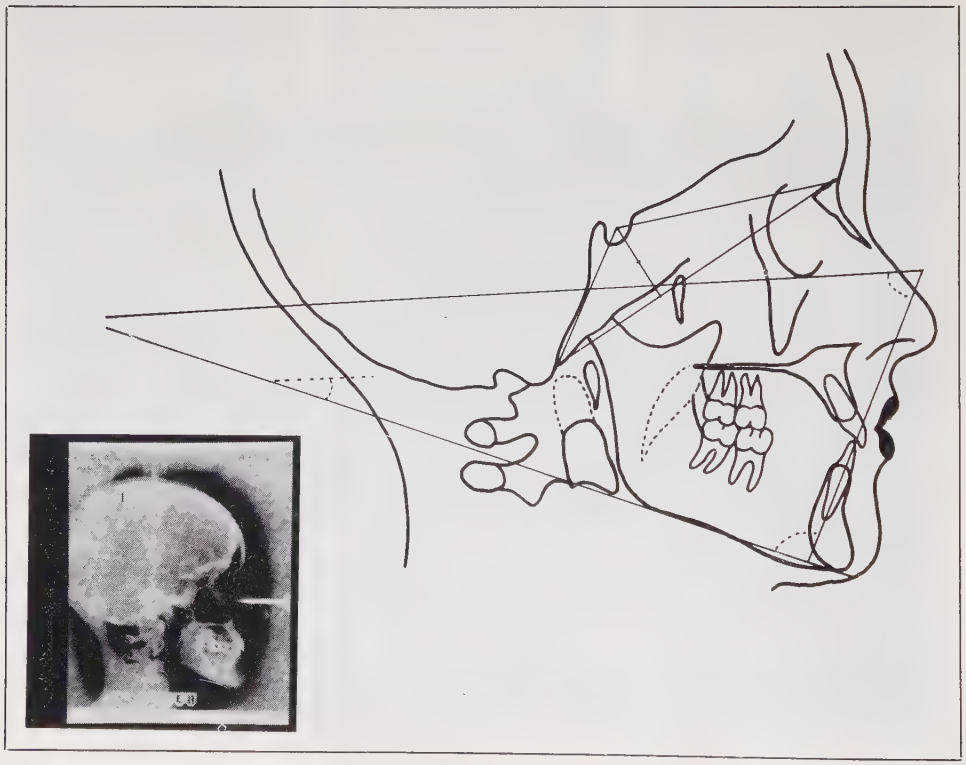


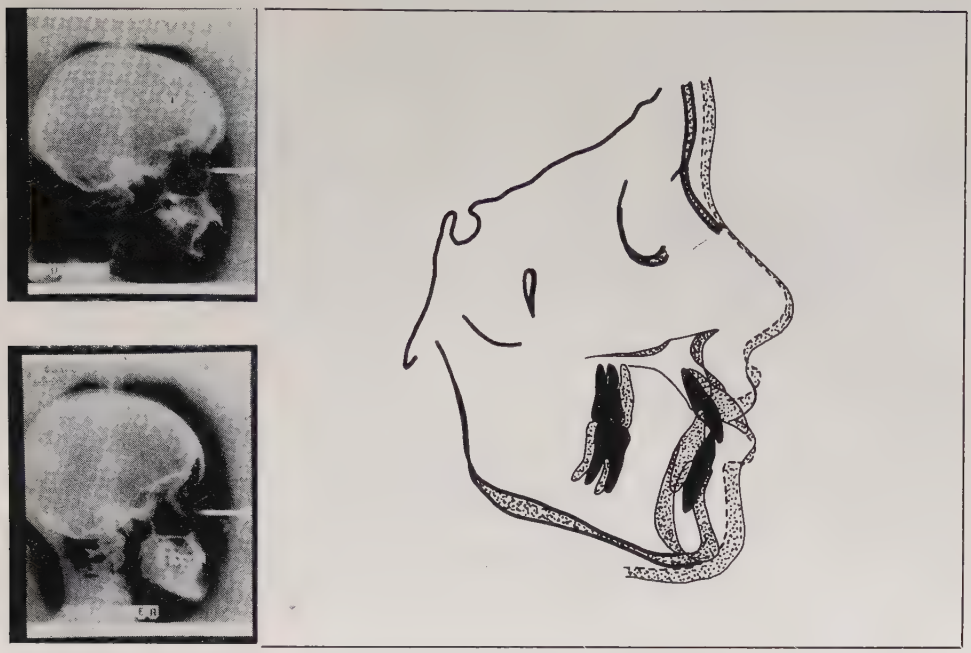


33 ▲

34 ▼

Les calques téléradiographiques — Avant et après traitement.





35 *Superposition des calques ci-contre.*

Remarquons les très importantes modifications occlusales. Elles résultent :

d'une part, de remaniements alvéolaires provenant des groupes incisivo canins et des groupes molaires,

d'autre part, de modifications basales dont nous pouvons juger ici globalement l'importance.

Remarquons que toutes ces modifications sont survenues sur une adolescente après un traitement appliqué sur la seule denture définitive.

Remarquons enfin que le facteur essentiel qui se trouve à l'origine de tous ces bouleversements bénéfiques est le facteur mécanique. En effet, toute la thérapeutique employée ici fut basée sur l'emploi d'ancrages extra-oraux et de la technique Edgewise. Cela montre l'importance que revêt en orthodontie l'action mécanique de forces sur des dents.

Voici pourquoi, après l'aperçu très général que nous avons donné de l'Orthodontie, il nous faut pénétrer le mieux possible la notion de force orthodontique.

Deuxième Partie

FORCES ORTHODONTIQUES

I - DISPOSITIFS ACTIFS ET DISPOSITIFS PASSIFS

Nul ne saurait intervenir en Orthodontie sans recourir à l'emploi de forces. La nature des forces et leurs modalités d'utilisation varient. Ces variations justifient différentes méthodes de traitement. Mais une étude approfondie de chacune d'elles, aboutit finalement à une classification très simple, où les dispositifs orthodontiques se répartissent en deux catégories :

1) Dispositifs passifs : des écrans, opposés aux forces engendrées par des fonctions ou par la croissance, constituent autant de dispositifs qui transmettent, anihilent ou tâchent de dévier des forces dans des secteurs anatomiques déterminés ;

2) Dispositifs actifs : des montages cherchant le plus souvent leur appui sur les dents, servent à conduire la denture vers la position souhaitée. Ils appliquent, compensent ou dévient des forces, dans des secteurs anatomiques déterminés.

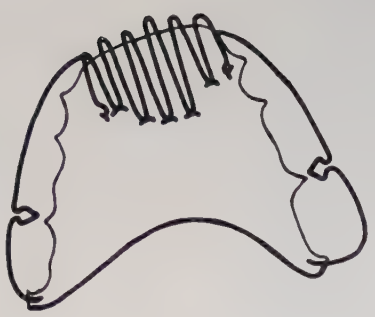
En mécanique personne ne songe à dissocier l'Action de la Réaction. Il nous faut, de même, nous garder de séparer de manière trop stricte les dispositifs passifs des dispositifs actifs.

L'important, c'est de parvenir dans tous les cas à faire que des forces interviennent au sein de systèmes anatomiques et les modifient favorablement.

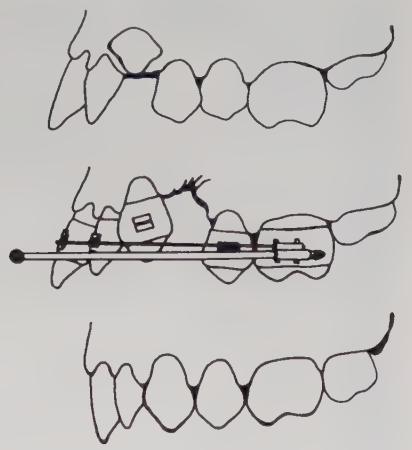
Comment y parvenir ?

En ce qui concerne les effets sur la denture, il ne fait plus de doute pour personne que plus la précision d'action est grande, meilleur peut être le résultat.

Au-delà de la denture, il faut considérer que l'ensemble appareillage-denture se trouve juxtaposé à d'autres systèmes. Des modifications thérapeutiques nous permettent d'estimer que le système dentaire à son tour, influence les structures anatomiques périphériques.



36 *Dispositif Passif-Type : Il s'agit d'une grille rétro-incisive, montée sur une plaque palatine amovible. Cette grille est destinée à dévier les forces provenant d'une interposition linguale pathologique, en éduquant en outre le comportement de la langue.*



37 *Dispositif Actif-Type : Correction de l'arcade dentaire supérieure au cours d'un traitement de Classe II, division 1, comportant des extractions de premières prémolaires supérieures.*

Dans quelle mesure ?

Certains auteurs, comme Ricketts ou Weislander, ont observé des modifications de la base du crâne (Angle : Nasion-Selle turcique-Basion) au cours de traitements orthodontiques.

D'autres auteurs comme Bimler nous ont proposé la division de la face en véritables quadrants qui parviendraient à s'aménager à la suite de profondes modifications des rapports dentaires.

Toutes ces observations sont très intéressantes. Nous pensons toutefois qu'à l'exception de certains déplacements immédiats, par exemple d'un condyle articulaire, qui est directement solidaire des dents, nous ne sommes pas en mesure encore aujourd'hui de prévoir exactement, et encore moins de piloter, telle ou telle modification précise à distance de la zone dentaire.

Pour cette raison nous pensons qu'il est sage de limiter nos promesses thérapeutiques au déplacement de structures dentaires et que notre premier devoir est de bien conduire ce déplacement.

II - QUELQUES DEPLACEMENTS DENTAIRES

Nous présentons maintenant, en illustration, quelques déplacements dentaires. Ces exemples concrets résultent tous de l'action de forces sur des dents.

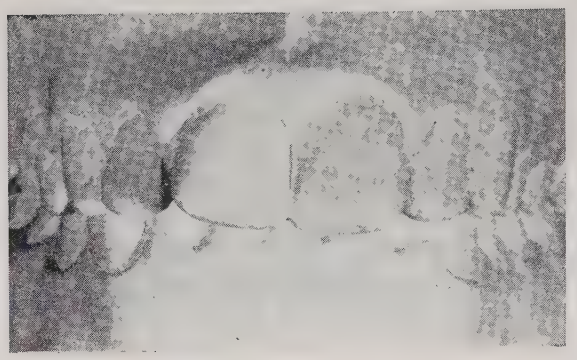
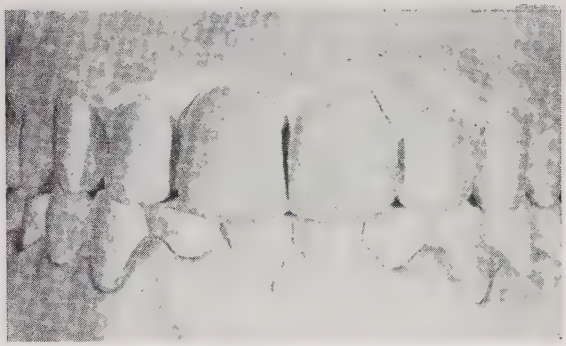


Fig. 38 - 39 : Déplacements d'incisives.

38 *Avant.*



39 *Après*

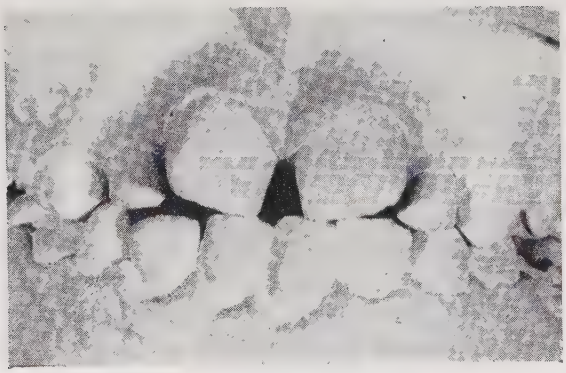
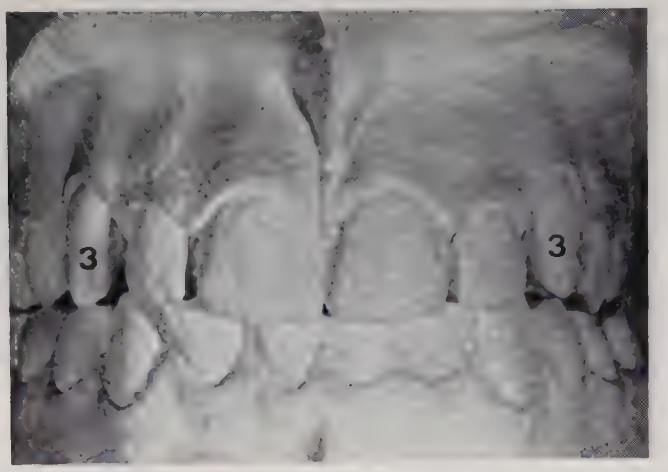


Fig. 40 - 41 ; Déplacements d'incisives (avec freinectomie).

40 *Avant.*

41 *Après.*

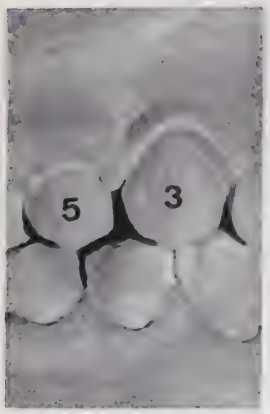


42 *Déplacement de canines.*

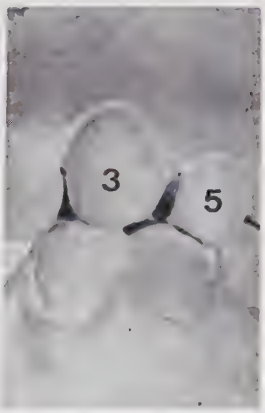
Avant

43 *Déplacement de canines.*

Après



44 *Occlusion à droite.*



45 *Occlusion à gauche.*

46 *Canine supérieure gauche en version mésiovestibulaire.*

47 *La même dent mise en verticalité.*

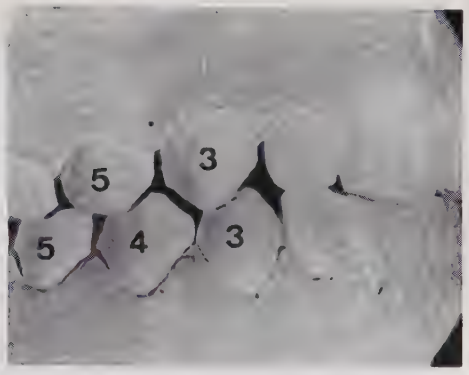
48 *Tendance vers un retour spontané à la position initiale (après 8 mois).*

DEPLACEMENT DE CANINES AVEC EXTRACTIONS DE PREMOLAIRES

49 *Avant.*

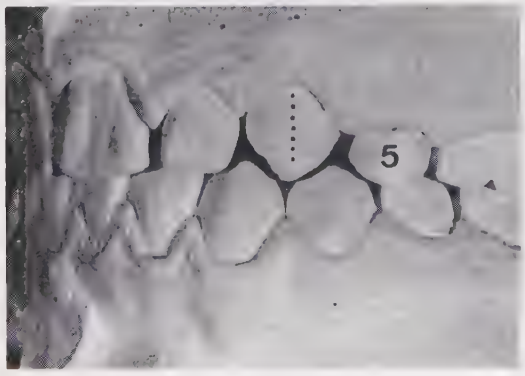
50 *Après.*

51 *Avant.*



52 *Après.*

53 *Rotations marginales de dents mono-radiculées.*



54 *Après correction, noter l'extraction de la première prémolaire, léger diastème persistant.*

55 *Canine incluse. Manque de place du fait de versions mésiales des prémolaires.*

56 *Après extraction de la première prémolaire et action de maintien d'un dispositif amovible. Limite de « correction spontanée » entre fig. 55 et 56 (1 an, 11 mois).*

57 *Après correction avec appareillage fixe offrant un mouvement guidé. Entre fig. 56 et 57 (7 semaines).*

Ces quelques images nous ont montré des mouvements de dents.

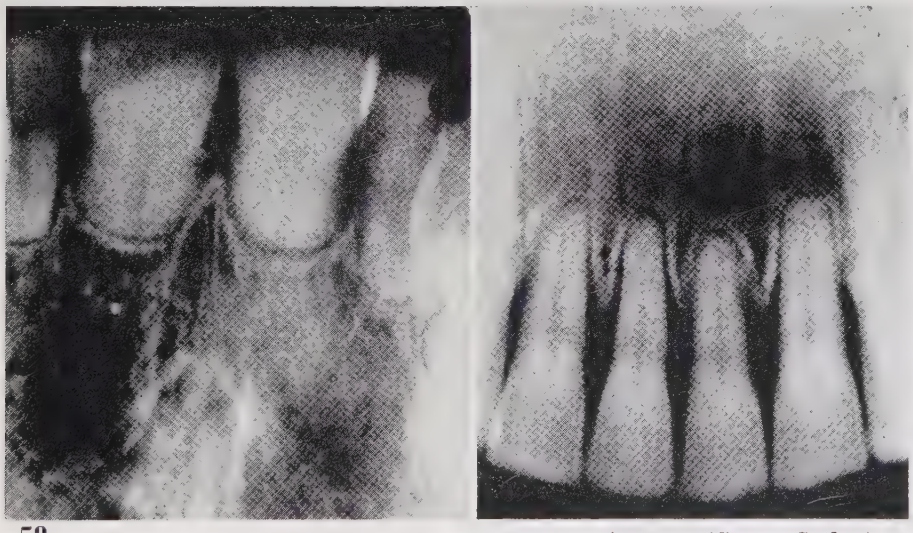
Nous devons remarquer que plusieurs d'entre eux furent rendus possibles par des extractions opportunes ou par des interventions bénignes comme une freinectomie par exemple. Nous précisons cependant que la seule intervention chirurgicale ne peut suffire. L'exemple des figures 55, 56 et 57 montre bien une amélioration partielle grâce à un dispositif amovible, l'obtention des contacts proximaux n'étant survenue en définitive que grâce à un montage fixe permettant un guidage précis du mouvement recherché.

III - DES CONSEQUENCES TISSULAIRES DES APPAREILLAGES ORTHODONTIQUES (Radiographies)

Après bien des auteurs préoccupés des perturbations consécutives à des interventions orthodontiques, nous pouvons nous demander si les déplacements s'obtiennent sans dommage pour les tissus dentaires.

En ce qui concerne les tissus durs coronaires, comme l'émail, divers travaux sont en cours pour étudier leur comportement vis-à-vis des bagues d'orthodontie et l'éventuel effet cariogène de celles-ci. La pratique nous montre que tous les dispositifs sont parfaitement tolérés lorsqu'ils sont bien construits et bien placés. Elle nous montre aussi qu'il se pose inévitablement des problèmes d'hygiène. Avec n'importe quel dispositif, il appartient à l'enfant et à ses parents, de veiller à une hygiène très stricte, moyennant quoi nous ne voyons pas pour quelle raison les dispositifs orthodontiques auraient un pouvoir cariogène.

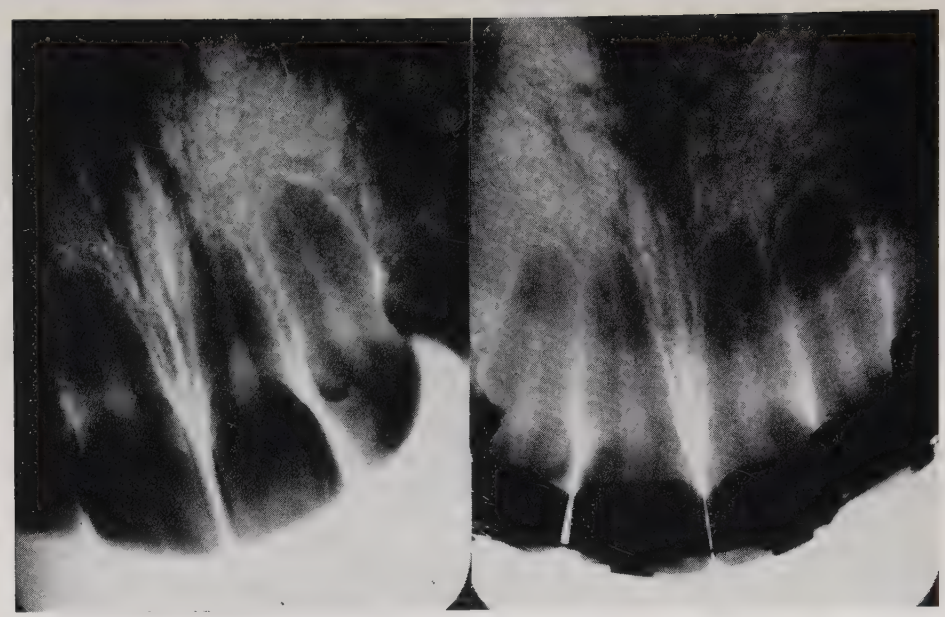
Pour les tissus radiculaires, Graber nous montre dans son livre deux radiographies impressionnantes. Il s'agit de sévères rhizalyses résultant d'actions thérapeutiques intempestives sur un terrain dentaire défavorable.



58 *Rhizalyse traumatique d'incisives supérieures et inférieures (d'après Graber).*

Ce sont précisément quelques radiographies dentaires de dents mobilisées par des méthodes orthodontiques que nous allons observer maintenant.

Le territoire de l'intervention compte évidemment beaucoup. Cependant nous avons pu observer des déplacements sur des dents déjà partiellement



59 *Déplacement d'incisives supérieures présentant, avant sollicitation par technique Edgewise un début de Rhizalyse. Avant Edgewise, malpositions. Après fin de déplacement.*

60 *Incisives centrales supérieures en cours d'édification radiculaire.*

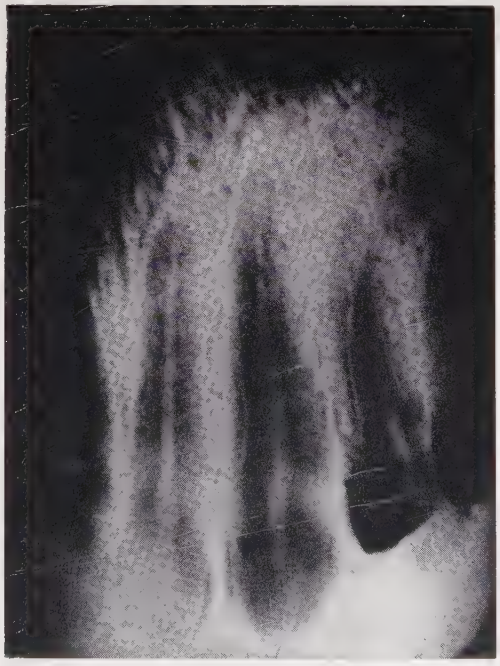
61 *Après édification et correction orthodontique.*

lysées sans observer ni reprise ni aggravation du processus de rhizalyse. Nous devons préciser que les forces employées furent prudentes et très bien contrôlées. Des dents à pulpe vivante avec des racines en voie d'édification nous ont par contre incité à surseoir à l'application de contraintes mécaniques. De même des incisives centrales aux apex béants, vivantes, mais venant de subir une fracture dentinaire profonde, ont vu différer l'application de forces orthodontiques jusqu'au moment d'une édification radiculaire complète, et après certitude du maintien de la vitalité.

62 *Bloc incisif supérieur complètement édifié avant déplacement orthodontique.*

63 *Le même bloc incisif après déplacement orthodontique.*

Nous avons enfin très souvent observé une sorte d'émoussement discret de la pointe apicale de dents déplacées. Ce signe n'était découvert que lors d'un examen radiographique systématique de la denture, car il ne s'accompagnait de perturbation clinique d'aucune sorte. Le premier élément que l'on rapproche de ces modifications concerne évidemment l'intensité des forces thérapeutiques appliquées.



64 *Déplacement de canine supérieure, après charge expérimentale de l'ordre de 400 g/cm².*

IV - ESTIMATION DE L'INTENSITE DES FORCES THERAPEUTIQUES : DYNAMOMETRIE APPLIQUEE

Afin de préciser de manière objective nos impressions quant à l'importance des forces mises en jeu par divers systèmes orthodontiques, nous avons (1961) testé des fils par des méthodes purement dynamométriques.

Nous l'avions précisé à ce moment, une différence certaine apparaîtrait entre le test et les conditions réelles d'utilisation, lorsque des techniques précises ne seraient pas employées (décomposition des forces sur une surface courbe — absorption de forces par la mobilité d'un appareil et restitution au support de forces résiduelles, selon des lois bien mystérieuses — etc...).

Des tableaux produits alors, nous sélectionnons ces extraits de forces réputées admissibles.

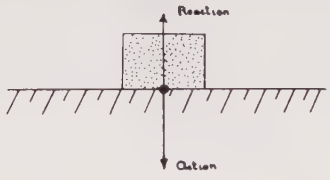
Figure	Qualité	cm	g
Levier 2 cm	Fil rond T.C. Section .020 ou 5/10 de mm	0, 1 0,2	20 38
Levier 5 cm		0,5 1 1,5	6,5 13,5 21,5
Ressort en épingle à cheveux		0,1	40
Points fixes distants de 2 cm		0,1 0,2	15 40
Levier 2 cm		0,1 0,2	30 35
Levier 5 cm		0,5 1 1,5	14 29 45
Points fixes distants de 5 cm		0,1	50

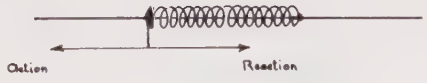
Figure	Qualité	cm	g
Levier 1 cm	Fil rond T.C. Section .016 ou 4/10 de mm	0,1	40
Levier 2 cm		0,1 0,2 0,3 0,4 0,5	9 16 24 30 39
Levier 5 cm		0,5 1,0 1,5 2,0	3 6 9 13
Ressort en épingle à cheveux		0,1 0,2	25 45
Ressort boucle		0,1 0,2	20 40
Points fixes distants de 5 cm		0,1 0,2 0,3	12 25 38

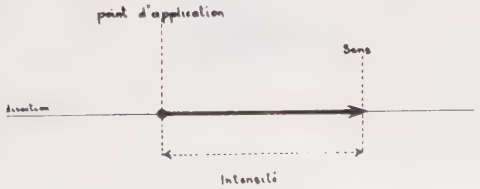
Ressort Elgiloy (ressort à boudin) 100 spires = 5 cm ; comprimé à 10 pour 100	1 = 4,4 cm	37 g

C'est un ressort à boudin que nous retiendrons pour libérer les forces expérimentales nécessaires dans la suite de ce travail. Ce ressort répond aux critères indispensables à la détermination aisée d'une force active :

- Direction : axe du support.
- Sens : du point fixe à la position de repos du ressort.
- Intensité : fournie précisément par l'étalonnage à l'aide de poids marqués et contrôlable par lecture de la longueur du ressort comprimé.







Il faudra opposer à ce ressort une réaction lui permettant de libérer ses forces dans de bonnes conditions. Cette stabilité, toujours à rechercher dans un montage orthodontique, est le meilleur gage de sécurité (résistance stabile et résistance mobile).

Les forces libérées s'appliquent sur des organes, des tissus déterminant des volumes, tels que la dent ou l'os alvéolaire et sur le joint souple formé par le ligament. Aussi, à la notion de force se substituera plus justement la notion de pression.

F : sera la force connue par la dynamométrie,

S : sera la surface déterminée par des critères anatomiques, statistiques, géométriques, radiographiques, etc... et l'on pénètre par là dans l'estimation de pressions orthodontiques :

P : Pression orthodontique $= \frac{F}{S}$

V - CALCULS DES PRESSIONS ORTHODONTIQUES

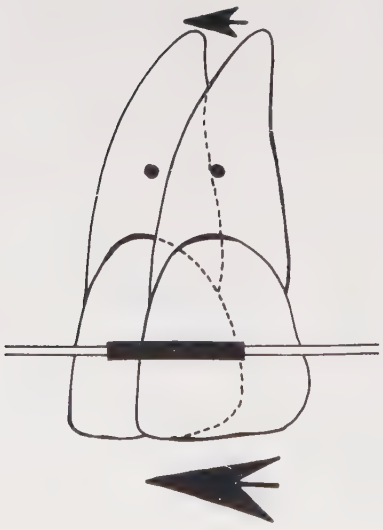
Hypothèses : La dent transmet intégralement la force au ligament et celui-ci à la corticale osseuse qui l'entoure. La réponse à la pression est uniforme, les tissus reçoivent donc une pression normale et constante. (P)

1. CALCUL GLOBAL

Abordons des exemples précis, tels qu'on peut les observer au cours des actions directes sur les parodontes.

Exemple n° 1 : Mouvement guidé de translation; de Gression.

Une incisive centrale supérieure, porteuse d'une glissière coulissant à frottement doux sur un arc guide, reçoit une force de 50 g. Sa hauteur radiculaire est de 1,38 cm. Son rayon au collet est de 0,38 cm. Sa surface



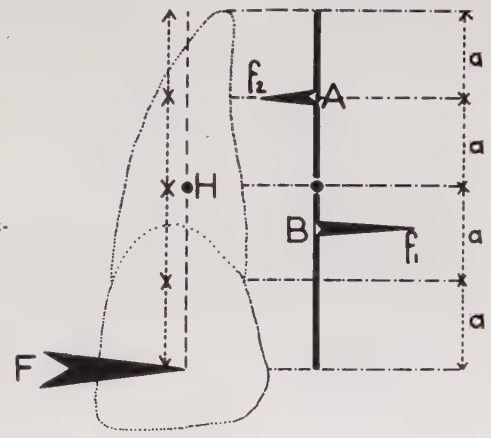
66 *Mouvement guidé de translation : gression mésiale.*

radiculaire se répartira en deux demi-cônes, demi-cône traction et demi-cône pression, elle sera au total de 1,55 cm² environ, et la pression moyenne sera :

$$P = \frac{F}{S} = \frac{1{,}55 \text{ cm}^2}{50 \text{ g}} = 21 \text{ g/ cm}^2 \text{ environ}$$

Exemple n° 2 : Mouvement non guidé, de version.

En prenant les mêmes conditions d'action que dans l'exemple précédent, à l'exception, importante, de l'absence de guidage de mouvement, il est normal de ne plus prévoir une gression mais une version. Le centre de rotation vient se fixer par convention, au centre d'un cerle transversal, qui répartit la racine en deux zones d'égales surfaces. Ce point est situé ici à l'union du tiers cervical et du tiers moyen. Il représente, pour la dent considérée : « l'Hypomochlion ». Dans l'exemple précédent, nous avions des forces.



67 *Mouvement non guidé de version: le couple produit.*

Maintenant, avec un centre de rotation, nous avons des couples. A F, force active en pression, F = 50 g : 2 = 25 g, se substitue le couple :

C = 25 (2a) (a : hauteur d'1/3 de la racine).

L'action du couple C peut se décomposer en l'action de 2 couples

en A : F2 à a du centre de rotation

en B : F1 à $\frac{a}{2}$ du centre de rotation,

d'où :

$$C = 25\ (2a) = (F1\ \frac{a}{2}) + (F2.a) = \frac{a}{2}\ (2F2 + F1)$$

$$C = 25.4 = 2F2 + F1 = 100$$

comme par hypothèse la pression est constante

$$P = \frac{F2}{\frac{\text{S. moyenne}}{2} + \frac{\text{S. apicale}}{2}} = \frac{F1}{\frac{\text{S. cervicale}}{2}}$$

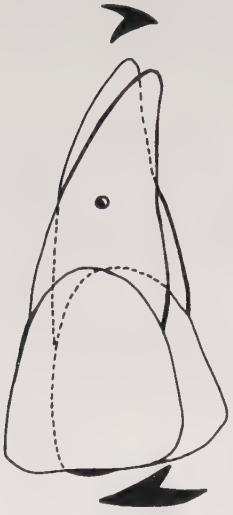
comme l'hypomochlion répartit deux surfaces sensiblement égales, les moments doivent s'équilibrer et,

$$C = 100 = 3\ F1$$

$$F1 = \frac{100}{3} = 33\ g$$

$$\text{et } P = \frac{F1}{\frac{\text{S. cervicale}}{2}} = \frac{33}{0{,}4} = 82\ g/cm^2$$

Voici donc deux exemples simples qui, grâce à ce calcul global évoquent un certain ordre de grandeur des pressions susceptibles d'être provoquées.



68 *Correction d'une version radiculaire mésiale d'une incisive trale supérieure gauche.*

Mais il peut être intéressant de préciser la notion de surface, de tenir compte de l'angulation entre la paroi ligamentaire et la direction des forces actives. De telles estimations font appel à des calculs par éléments de surface et peuvent être sommés afin de dégager des impressions d'ensemble.

2. CALCUL PAR ELEMENTS DE SURFACE

La formule de base restant la même, nous avons tenu compte des formules ci-dessous pour l'estimation de pressions engendrées sur des « surfaces normales ».

Formules servant à la détermination des pressions.
appelons :

R : le rayon du cercle radiculaire au collet.
x : la cote du niveau considéré par rapport à l'origine.
θ : l'angle polaire (entre point considéré et axe origine).
α : l'angle entre paroi ligamentaire et axe des x.
β : l'angle de rotation de l'axe des x autour de l'hypomochlion.

Formule (1) pour les mouvements guidés :

$$P = \frac{F}{\int_{0}^{3a}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} R\,(x, \theta)\cos\theta\,dx\,d\theta}$$

Formule (2) pour les mouvements non guidés :

$$P = \frac{F \times h}{-\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{a}^{3a} (x-a)\, R(x\theta) \cos\theta \frac{\cos[\alpha(x)+\beta]}{\cos[\alpha(x)]} dx\, d\theta + \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{0}^{a} (a-x)\, R(x\theta) \cos\theta \frac{\cos[\alpha(x)-\beta]}{\cos[\alpha(x)]} dx\, d\theta}$$

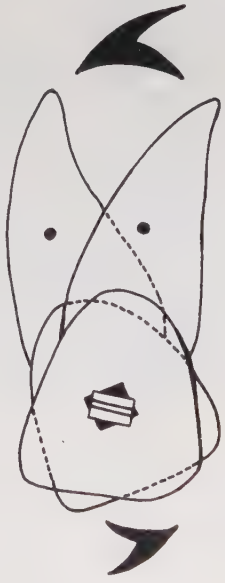
En application de ces formules, nous examinerons des exemples analogues aux précédents, pour une incisive latérale dont 3a = 1,32 cm et dont le rayon au collet = R = 0,3 cm.

Exemple n° 1 : Mouvement de gression (guidé)

La surface normale s'établit à l'aide de la formule (1), à 0,4 cm² environ.
Avec un ressort libérant des forces de par exemple :
F1 = 7 g ..... P1 = 18 g/cm²
F2 = 24 g ..... P2 = 62 g/cm²

Exemple : n° 2 : Mouvement de version (non guidé)

La surface normale, dans l'application de la formule (2) fait ressortir, pour des forces d'une même intensité :
F1 = 7 g ..... P1 = 66 g/cm²
F2 = 24 g ..... P2 = 220 g/cm²



69 *Correction d'une version radiculaire mésiale d'une incisive centrale supérieure gauche.*

Exemple n° 3 : Mouvement de version radiculaire.

Un tel mouvement peut être produit avec plusieurs dispositifs mais, considérons ici un dispositif tel que, centre de rotation et centre de mouvement coïncident. Alors, si F = 9 g (donné par exemple par la dynamométrie), il apparaît une pression P de l'ordre de 40 g/cm².
Il convient de bien noter que pour un schéma orthodontique dont le centre d'application des forces s'élèverait par exemple en direction apicale et s'éloignerait du centre du mouvement, cela occasionnerait des pressions plus fortes encore au niveau du ligament, et ceci pour une même force active. De tels schémas sont réalisés dans certaines figures des appareillages « Pin and tube » ou « Universal » pour ne citer que ceux-ci.

3. CONCLUSIONS

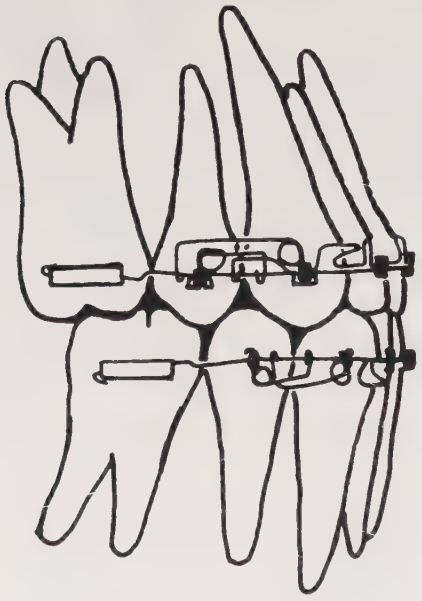
Il suffit d'observer ces exemples pour bien saisir :

- Qu'une même force n'occasionne pas les mêmes pressions quel que soit le dispositif au moyen duquel elle agit.
- Qu'un dispositif à guidage et un dispositif sans guidage, lorsqu'ils sont mis en compétition, montrent pour une même force active, d'abord et pour le premier, un avantage d'ordre qualitatif quant à la détermination de la direction du mouvement, ensuite, toujours pour le premier, des pressions quantitativement moindres au niveau des tissus.
- Pour les mouvements générateurs de couples, il va de soi qu'une force égale en intensité, s'avèrera d'autant moins traumatique qu'elle se rapprochera d'autant plus du centre du mouvement.

Cette dernière conclusion, pourtant évidente, mérite d'être soulignée. Certaines publicités promettent à des milliers de praticiens la douceur ou la légèreté de leurs actions avec, pourtant, des schémas mécaniques propres à susciter, faute de forces extrêmement légères, des pressions énormes.

4. PERSPECTIVES

Après ces exemples unitaires simples, il reste possible de mesurer pour chaque dent, une valeur de la pression sur chaque unité parodontaire lors de l'utilisation d'un montage multibague complexe.



70 *Schéma d'un traitement-type de Bi-Protrusion. Ici, la décision thérapeutique comporte l'extraction des quatre premières prémolaires supérieures et inférieures. Il y a mise en action d'un montage développant des forces sensiblement constantes, mais aussi très légères. Notons que la totalité des dispositifs reste intrabuccale. (D'après technique de BEGG.)*

Un ensemble de 14 bagues, munies de tubes, consoles, ligatures principales et accessoires, élastiques et ressorts additionnels, représente un montage qu'un praticien averti de ces techniques peut concevoir.

Cependant, sans dissimuler les difficultés de tels calculs, peut-on penser que le calcul reste une fin en soi ? L'Odontologiste, en praticien, s'adresse et apprécie l'intérêt qu'offrent des méthodes expérimentales pour l'observation des contraintes.

VI - APPRECIATION EXPERIMENTALE DES CONTRAINTES

Très tôt, l'industrie a compris la nécessité de connaître expérimentalement les effets des sollicitations mécaniques au niveau de différentes pièces matérielles (ponts, barrages, moteurs, grues, etc.). En particulier, l'étude des meilleures formes de résistance des matériaux pouvait être envisagée au moyen de différentes méthodes.

METHODES D'ETUDES

A. LES VERNIS CRAQUELANTS

Une pièce préalablement enduite d'un vernis approprié est soumise à des efforts.

Au niveau des contraintes les plus fortes, s'extériorisant en surface de la pièce, le vernis casse selon des lignes perpendiculaires à la direction des contraintes principales.

Une autre méthode, dite « par relaxation », permet de déterminer une série de lignes complémentaires aux précédentes.

71 *Pièce squelettique sèche (crâne de rat) ayant subi l'application de vernis craquelants, puis l'application de contraintes expérimentales.*

Le réseau de ces lignes de cassures situe, pour la partie considérée, les zones les plus sollicitées.

Comme exemple simple, nous pourrions citer le comportement des peintures appliquées sur des pièces de carrosserie automobile lors d'un choc accidentel. Nous pouvons voir la peinture appliquée se fissurer, parfois à distance du point d'impact.

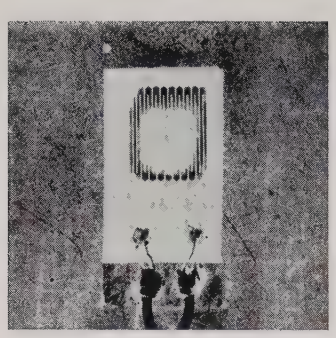
Il s'agit d'un exemple de vernis craquelant. Expérimentalement, la méthode est simple et rapide, mais les indications ne peuvent être jamais que des indications de surface.

Cette méthode sert souvent en première approximation, afin de situer une zone où des méthodes plus fines peuvent ensuite être utilement appliquées.

B. LES JAUGES DE CONTRAINTES

Certaines résistances électriques, appliquées par collage sur un support et traversées par un courant électrique, voient leur résistance à ce courant varier en fonction des contraintes appliquées au support.

L'architecture, l'aéronautique par exemple, font appel, de manière courante, à ces jauges.



72 *Jauge de contrainte.*

Bridgman (1917), puis Simons (1935) et Ruge (1939) sont passés successivement de la manipulation expérimentale à l'utilisation de l'extensométrie à des fins industrielles.

L'Orthodontie n'a pas échappé à l'attrait de son usage. Récemment encore, une équipe de recherche, Isacson, Wood et Ingram (1963), utilisait ces montages sur des appareils mobiles à action transverse. Mais bien plus tôt, Cauhépé, en France, s'intéressait à leur emploi dans de très belles réalisations. Collant directement sur une surface corono-dentaire une jauge munie de ses connexions, il mettait en évidence, par ce moyen, la manifestation de forces, normales ou pathologiques, lors des principales fonctions impliquant une action mécanique, notamment musculaire, sur la dent.

Nous fûmes aussi attiré par l'emploi de ces jauges pour la détermination des forces mises en jeu au cours des actions orthodontiques. Cependant, nous ne devions pas les retenir.

En voici quelques raisons :

- Les problèmes de fixation: pour avoir manipulé certaines des plus petites jauges existantes, leur taille reste importante à l'échelle dentaire, qu'il s'agisse de pièces prothétiques et plus encore de pièces anatomiques.
- Sur quel territoire les fixer ? Sur les tissus durs ? Les tissus mous ? Sur des pièces prothétiques ? Des arcs ? Des bagues ? Des plaques ? Seront-elles représentatives des efforts réellement appliqués ?
- Quand bien même les problèmes de fixation sont résolus, les renseignements obtenus ne concernent que la surface de la pièce et il faudrait procéder à un quadrillage, le plus serré possible, de la pièce d'étude.
- La sensibilité des jauges de contraintes est telle vis-à-vis des variations thermiques que nous pouvons les utiliser dans certains cas comme de véritables thermomètres. Ceci ne peut-il alors compromettre l'interprétation de résultats, dans le milieu buccal, sujet à des variations de températures fréquentes ?
- Il faut noter par ailleurs que le prix de revient de telles jauges représente un investissement financier qui dépasse les moyens d'un chercheur isolé.

Ainsi, dans nos dispositions actuelles, l'extensométrie paraît ne pas se prêter à nous fournir les indications que nous attendons. Mais nous pensons qu'au moyen de divers aménagements, et grâce aux efforts conjugués de spécialistes, elle devrait permettre de reposer certains problèmes sous un jour nouveau et d'éclairer par là des points encore bien mal connus en orthodontie, et même dans toute la physiologie de la mastication.

C. LA PHOTOELASTICITE

1. GENERALITES

Dès 1816, Brewster met en évidence la production d'effets de biréfringence accidentelle au sein de matériaux transparents isotropes, par l'application de charges génératrices de contraintes.

Successivement, Kerr et Pockels et, au milieu du siècle dernier, Neumann et Maxwell font autorité en énonçant les lois, valables aujourd'hui encore, en photoélasticimétrie.

En 1901, A. Mesnager en France, puis Coker et Filon en Angleterre, réalisent les premières applications pratiques sur des maquettes en verre.

2. PRINCIPE

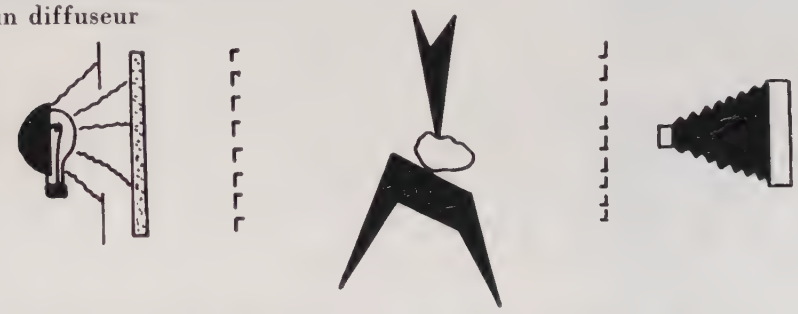
Un corps donné transparent, isotrope, soumis à une contrainte, montre par l'analyse des rayons lumineux polarisés qui le traversent, un phénomène d'interférences lumineuses.

Les images formées, facilement observables selon certaines modalités, montrent, soit des lignes dites « isochromatiques » localisant le lieu des points d'égales différences de contraintes principales, soit permettent d'établir des lignes dites « isostatiques » donnant la direction de ces contraintes principales.

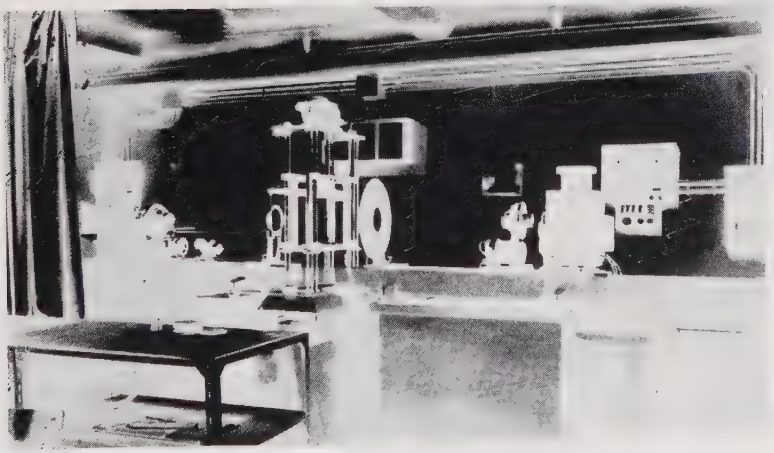
3. LE BANC

Le schéma de principe d'un banc de photoélasticité est constitué par :

- une source lumineuse
- un diffuseur



73 *Schéma d'un banc de photoélasticité.*



74 *Banc de photoélasticité perfectionné. Les conditions de l'observation peuvent varier et permettent de multiples études.*

- un polariseur
- un système porte-maquette et de mise en charge
- un analyseur
- un appareil de prise de vues photographiques, le tout monté sur une platine stable et dans une salle permettant une obscurité complète.

4. LA MAQUETTE

En photoélasticité plane, il faut assimiler la pièce d'étude à sa projection plane, passant par un plan moyen, choisi dans la pièce originale. Ou bien encore, il est possible de sélectionner un ou plusieurs plans de coupes que nous estimerons représentatifs de la pièce d'étude.

Le schéma de la maquette établi, il faut reconnaître les parties rigides et les parties souples pour rester en correspondance avec la rigidité des pièces d'origine.

Le tout sera monté en matériaux transparents, significatifs sur le plan photoélastique, assemblé à l'aide de joints et de colle en prenant bien soin de ne pas introduire de contraintes parasites susceptibles de perturber l'observation ultérieure.

Des lectures, des manipulations et leurs échecs, permettront d'arriver à un résultat présentable.

> En somme, nous attendons de la photoélasticité, qu'au-delà du point d'application de la force, elle nous objective ce qui se passe sur le plan des contraintes, au niveau d'une pièce anatomique donnée.

En illustration des investigations de photoélasticité, nous avons construit une première maquette représentative d'une demi-mandibule de rat avec la grande courbe de l'incisive centrale, le dessin général de la mandibule et le col du condyle. Cette mandibule fut soumise à des contraintes appliquées à la dent, et cette maquette nous a objectivé les points où la contrainte était la plus forte (voir *Fig. 75, 76, 77)*.

Ce premier résultat nous a incité à étudier avec plus de précision la répartition des contraintes principales au sein de maquettes représentatives de l'incisive supérieure portée par son maxillaire.

a) **Préparation des maquettes.**

Après des observations anatomiques et téléradiographiques du territoire étudié (voir *Fig. 98)*, nous avons procédé à la construction de maquettes en matériaux sensibles permettant les observations de photoélasticité (Plexiglas et Buton).

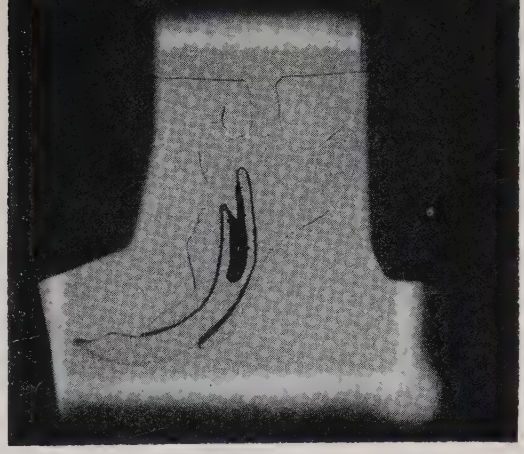
Nous avons sélectionné trois maquettes, après essais effectués selon différents modes de coupe des pièces envisagées.

- L'une représentative d'une coupe sagittale, donnant des indications dans le sens antéro-postérieur et dans le sens vertical;
- Les deux autres, représentatives de coupes transverses, l'une en zone cervicale, l'autre en zone apicale *(Fig. 78)*.

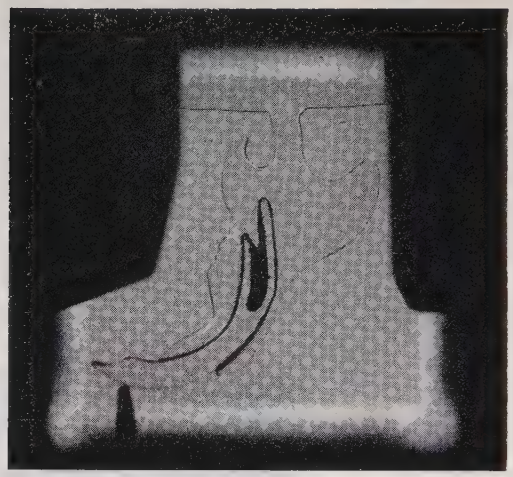
Ces maquettes furent passées au banc, essayées avec diverses charges reproduisant les conditions des tractions exercées sur les animaux d'essai.

Des clichés pris en série nous permettent de présenter les résultats qui suivent :

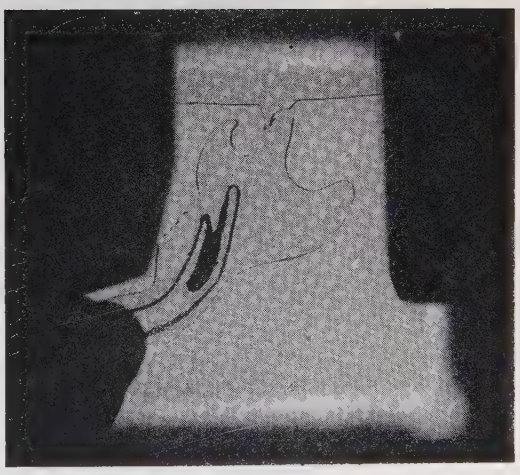
DEMI-MANDIBULE DE RAT SOLLICITEE SAGITTALEMENT, PAR UNE FORCE A APPUI DENTAIRE.



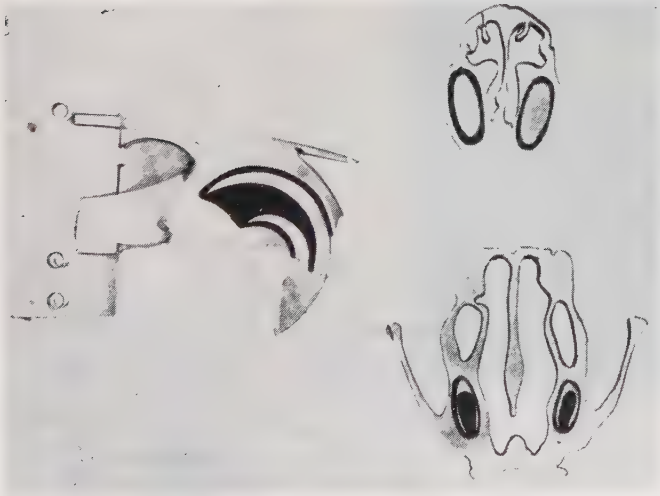
75 *Sans contrainte.*



76 *Pendant la contrainte.*



77 *Après fracture de la maquette.*



78 *Les maquettes utilisées.*

Nous pourrons observer des lignes isochromatiques (les zones de même apparence témoignent de zones d'égales contraintes) et distinguer des zones intéressantes se répartissant en deux catégories :

- Zones neutres : aucune contrainte ne se manifeste à leur niveau.
- Zones particulières : il s'agit de zones à fortes contraintes, soit traction, soit compression, soit enfin de centres de rotation au niveau desquels le sens des contraintes peut s'inverser.

b) **Observations dans différents plans.**

1) *Sens antéro-postérieur*

- Zones neutres :

  Os nasaux
  Partie coronaire basse
  Zone des renforts postérieurs de la pièce.

- Zones particulières :

  Le centre fixé sur le schéma ci-joint par un petit cercle semble, à très peu près, superposé à la direction de la force appliquée. Nous n'observerons par conséquent qu'un mouvement principal de translation de la dent, dans le sens de la force appliquée. Ce point, légèrement décalé vers le haut, la force agira comme un couple. Ici, une élévation de la dent en direction nasale se produira. Le long du ligament, le sens de la contrainte principale s'inversera, la pression devenant traction.

79 *Maquette sagittale sollicitée dans le sens postéro-antérieur.*

80 *Schémas figurant la maquette au repos et les ordres des contraintes observées en charge (zones neutres hachurées).*

- Zones chargées :

La maquette figure un plan et l'on peut observer que la répartition des contraintes affecte davantage la partie apicale que la partie coronaire de la racine.

La zone alvéolaire corono-palatine paraît ne pas travailler, mais ceci est dû à l'arrachement de la partie souple représentative du ligament : avant arrachement on observait l'effet d'une traction, qui n'apparaît plus après déchirement de la jonction souple.

Le bord supérieur (frontal) est constitué sur la maquette par une poutre unique. Dans la réalité, il s'agit de coques, aussi limiterons-nous l'observation et l'interprétation au bord ligamentaire.

2) *Sens vertical*

Sur maquette sagittale :

- Zones neutres :

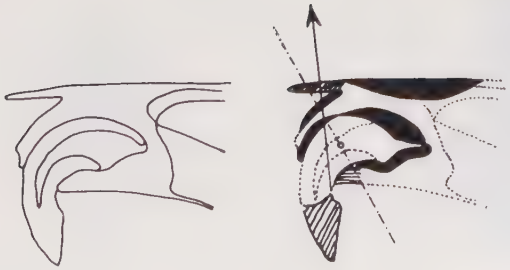
Os nasaux

Moitié inférieure de la couronne dentaire

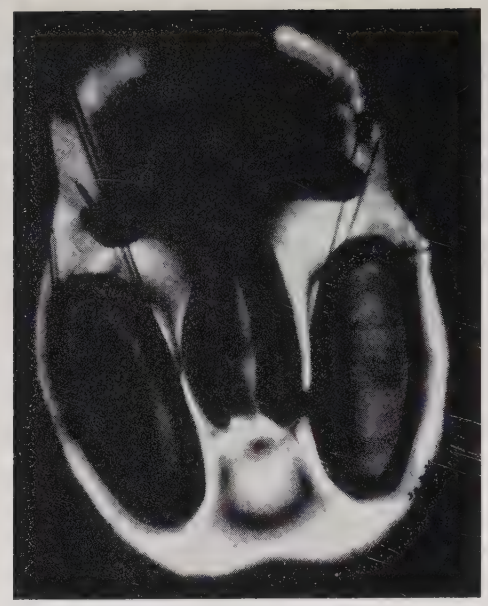
Zone postérieure des renforts

Le SENS VERTICAL

81 *Maquette sagittale sollicitée dans le sens vertical.*



82 *Schémas figurant la maquette au repos et les ordres des contraintes observées en charge (zones neutres hachurées).*



◀ **83** *Maquette transverse antérieure sollicitée de bas en haut.*

84 *Schémas figurant la maquette au repos et les ordres des contraintes observées en charge (zones hachurées neutres).*

▼

- Zones chargées :

Bord ligamentaire supérieur dans sa moitié apicale.

Les extrémités dentaires apicales.

Comme dans le cas précédent, et pour les mêmes raisons, le bord frontal et le bord alvéolaire en zone palatine montrent, l'une une contrainte importante, l'autre, l'absence complète de contrainte.

Sur maquette transverse antérieure (voir planches)

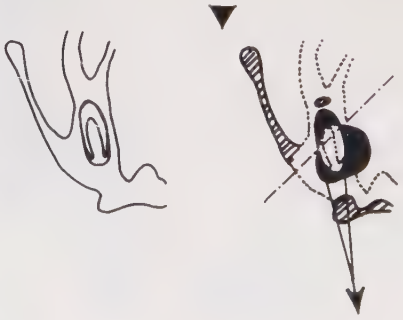
- Zones neutres :

Arcade zygomatique dans son ensemble, base maxillaire dans sa zone inféro-externe.

◀ **85** *Maquette tranverse postérieure sollicitée de haut en bas.*

86 *Schémas figurant la maquette au repos et les ordres des contraintes observées en charge (zones neutres hachurées).*

▼

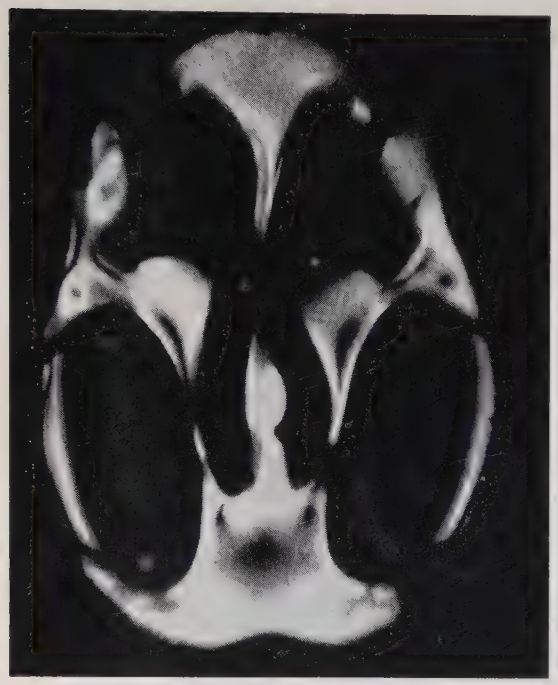


- **Zones chargées :**

  Compression des extrémités dentinaires, tension du pôle dentaire supérieur.

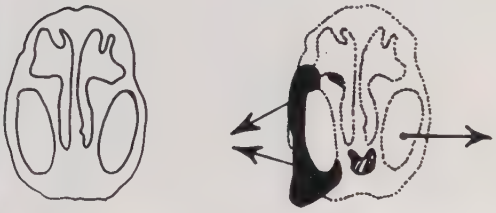
3) *Sens transverse*

LE SENS TRANSVERSE

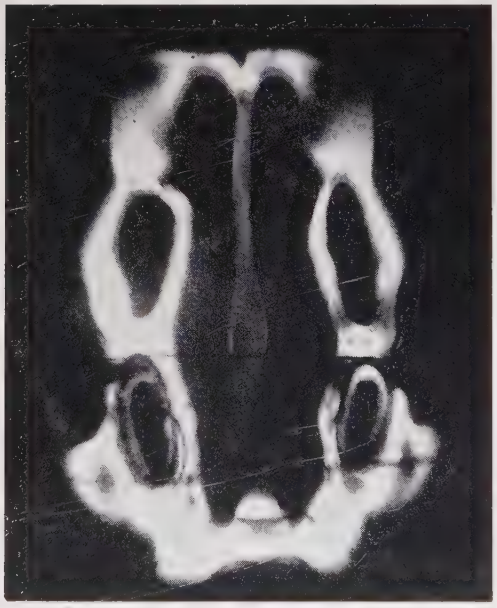


87 *Maquette transverse antérieure sollicitée de dedans en dehors.*

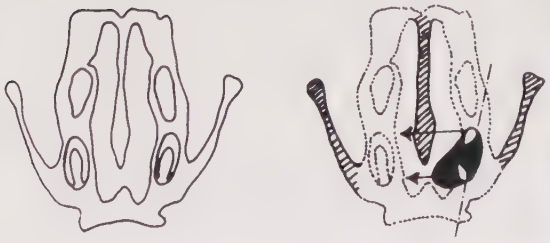
88 *Schémas figurant la maquette au repos et les ordres des contraintes observées en charge (zones neutres hachurées).*



89 *Maquette transverse postérieure sollicitée de dehors en dedans.*



90 *Schémas figurant la maquette au repos et les ordres des contraintes observées en charge (zones hachurées neutres).*



Nous avons pu observer, lors de l'analyse dans le plan vertical, l'existence d'un « plan neutre ». Aussi, avant de décider la construction de maquettes définitives, sur maquette accessoire, nous avons de nouveau observé qu'une telle zone neutre se retrouvait dans la portion moyenne des racines considérées.

Cette observation nous a conduit à choisir nos plans d'examen en avant et en arrière de ce plan neutre; nous avons donc réutilisé les maquettes transverses précédentes *.

En avant du plan neutre :

- Zone neutres :

  Arcade zygomatique
  La cloison médiane
  La zone surmontant le pôle dentaire supérieur.

- Zones chargées :

  Forte traction sur la paroi externe
  Forte compression sur la paroi interne.

c) **Conclusions**

Les comparaisons entre contraintes exercées sur maquettes et contraintes appliquées à des pièces anatomiques, laisseront place à ce qui différencie la figuration dans l'espace et une matérialisation plane, la pièce originale et sa représentation, l'inerte et le vivant.

Mais, grâce à la photoélasticité, il est possible de suivre la répartition d'une contrainte et de matérialiser des zones présumées de travail.

Les différences entre poutres et ensembles de caissons, la transmission des efforts par les parois de coques, la déformation successive des parties les plus faibles, les plus souples, la notion de l'existence d'espaces neutres vis-à-vis des contraintes appliquées à une pièce matérielle, seront autant de notions intéressantes. Ces notions trouveront leur signification dans le domaine dentaire, tant pour des études anatomiques que pour des réalisations thérapeutiques et orthodontiques par exemple.

C'est de la collaboration entre spécialistes en photoélasticité et odontologistes que pourra se dégager la plus juste estimation des contraintes effectivement appliquées aux structures dentaires et à leurs zones périphériques.

---

* NOTE : Il sera intéressant de contrôler si la clinique ou l'observation histologique, permettront en pratique de relever un tel « plan neutre ». Rappelons ici l'intéressante remarque de ORBAN qui relève une inégalité dans l'épaisseur du ligament des dents humaines et assimile la zone de rétrécissement approximativement médiane, à une zone d'appui (Fulcrum) pour le mouvement physiologique de la dent.

Troisième Partie

EXPERIMENTATION SUR L'ANIMAL :

« Observation histologique topographique de « l'effet de 48 heures de contraintes méca- « niques expérimentales, appliquées à l'inci- « sive supérieure du rat ».

I - MATERIEL ET METHODES

1. CHOIX DU MATERIEL

Nous avons choisi comme matériel d'étude un rongeur

« **Rattus norvegicus albinos** Wistar C. F. »

91 *Rattus norvégicus albinos (l'un de nos sujets d'expérience).*

De nombreuses considérations nous ont poussé vers ce choix, en particulier la croissance continue des incisives, car la durée réduite de l'observation envisagée (48 heures) permettait de considérer la dent comme une pièce anatomique stable, en dimension, mais en outre les tissus apparaissaient en un même moment, à des stades différents de leur développement.

Onze mâles sélectionnés, homogènes, âgés de 80 jours au début de l'expérimentation, c'est-à-dire adultes et aptes à la reproduction, constituèrent le matériel vivant.

La croissance pouvait être considérée comme terminée.

Les poids de départ étaient situés entre 290 et 345 grammes.

Les animaux étaient maintenus en cages individuelles, à température constante de 22-24° centigrades.

Ils étaient nourris de pavés polyvitaminés lorsque la nourriture spontanée restait possible.

2. GROUPAGE

Les animaux furent groupés de manière que deux témoins appelés à subir la même action, ne soient séparés que par un écart de 20 grammes au plus.

Chacun fut numéroté et s'inscrivit dans un plan d'action pré-établi :

N° 1 :

animal type de départ d'expérimentation

N° 2 :

animal d'essai, servant dans le groupe pour la mise au point des techniques particulières de fixation, d'alimentation artificielle, d'anesthésie. Cet animal n'est pas inclus dans l'étude expérimentale proprement dite.

N° 3 :

animal de fin d'expérimentation, n'ayant subi aucune action mécanique, ni d'alimentation artificielle.

N° 4 et N° 5 :

sujets subissant toutes les manipulations et le mode de vie des animaux suivants, à l'exception de tractions mécaniques.

N° 6 et N° 7 :

sujets subissant une action mécanique de traction *identique*, sagittale, d'arrière en avant.

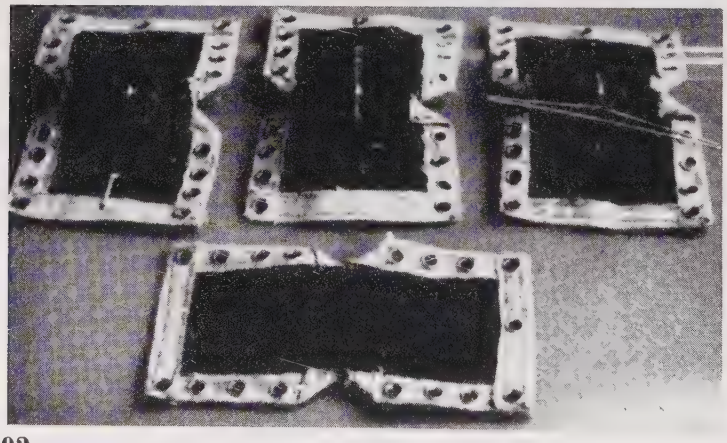
N° 8 et N° 9 :

sujets subissant une action mécanique de traction *identique*, verticale, de bas en haut.

N° 10 et N° 11 :

sujets subissant une action mécanique *identique* transversale, de dedans en dehors.

Les animaux portaient des tuniques permettant le positionnement des dispositifs orthodontiques.



92 *Les tuniques porteuses des dispositifs de traction. Au premier plan : tunique neutre. — Au deuxième plan : à gauche : action sagittale; au centre : action verticale; à droite : action transverse.*

Tout en conservant une mobilité relative, ce système les mettait à l'abri d'escharres et autres incidents pouvant résulter d'une immobilisation prolongée, telle qu'elle aurait risqué d'apparaître avec l'utilisation de certains des fixe-rats commercialisés.

Nous fîmes en outre l'essai de boîtes contenant l'animal en decubitus ventral, la tête seule dépassant. Mais l'anatomie fuselée et allongée de la tête du rat ne se prêtait pas bien à ce mode d'immobilisation. En outre il nous semblait moins pénible pour les sujets de n'être pas contraints à l'immobilité.

3. DISPOSITIFS TRACTEURS

Les tractions s'effectuaient, pour les animaux N° 6, N° 7, N° 8, N° 9, sur l'incisive supérieure gauche, laissant la droite intacte. Pour les animaux N^s 10 et N° 11, d'une manière symétrique, sur les deux incisives centrales supérieures.

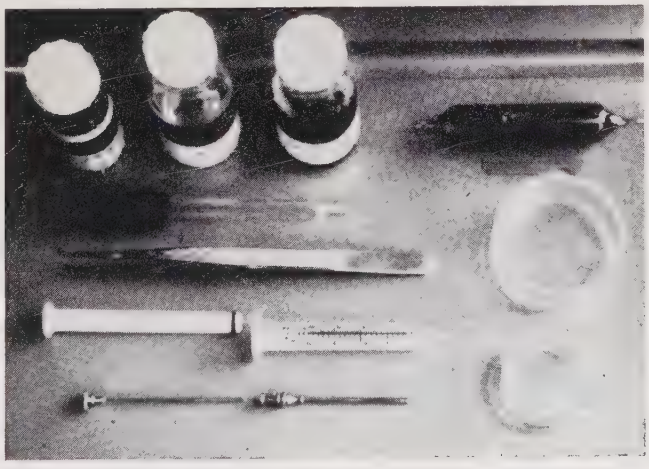
Chaque dent a reçu des forces étalonnées, orientées, développées par des ressorts à boudin mentionnées plus haut (p. 35).

1° Force active antéro-postérieure . . . . . 100 grammes
2° Force active verticale . . . . . 100 grammes
3° Force active transverse . . . . . 70 grammes

4. MANIPULATIONS

Au cours de l'expérimentation il fut procédé aux opérations suivantes :

- Toutes les deux heures, vérification des montages et des tensions des fils tracteurs.
- Mesure des diastèmes obtenus au moyen de cales métalliques calibrées.
- Mise en place et suppression des dispositifs orthodontiques sous anesthésie générale à l'éther (par inhalation).
- Administration de 5 repas par jour par animal au moyen d'une sonde gastrique.
- Vérification quotidienne des poids et des températures individuelles.
- Contrôle pondéral des aliments ingérés après remise en alimentation normale.



93 *Le matériel de gavage.*

- Contrôle téléradiographique de profil de tous les animaux sur céphalostat en début et en fin d'action mécanique.

La durée totale de l'expérimentation fut de 260 heures environ, réparties en un plan horaire d'exécution des différentes manœuvres prévues.

5. PLAN HORAIRE

A l'heure H = 0 : départ

- H 48 : sacrifice de l'animal n° 1
  Mise en préparation des animaux n^{os} 3, 4, 5
  Mise en tension des animaux n^{os} 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- H 96 : sacrifice des animaux n^{os} 6, 8, 10
  Suppression des dispositifs de traction pour le n° 7, 9, 11.
- H 240 : Sacrifice des animaux n^{os} 7, 9, 11.
- H 246 : Sacrifice des animaux n^{os} 3, 4, 5.

En résumé : à part le n° 1, représentant un animal neutre en début d'expérimentation, nous devions obtenir trois groupes de trois animaux chacun, soit :

- témoins neutres (n^{os} 3, 4, 5),
- sujets au terme d'une action mécanique orientée de traction constante et continue de 48 heures (n^{os} 6, 8, 10),
- sujets identiques aux précédents mais sacrifiés après une période de repos de 144 heures sans aucun dispositif (n^{os} 7, 9, 11) *.

C'est donc sur de telles bases que nous avons procédé successivement à des investigations de calcul, de clinique, de téléradiographie et d'histologie complétant les observations de photoélasticité.

Après la présentation des comptes-rendus, nous tenterons d'interpréter les résultats.

II - CALCUL DES PRESSIONS APPLIQUEES

a) Surface d'application des forces

En application des observations préliminaires (2^e Partie, V), la surface d'application des forces, déduite de lectures directes sur papier millimétré, de projections téléradiographiques et comparées à des mensurations directes sur pièces sèches sont les suivantes :

- Sens antéro-postérieur :
  N° 6 et N° 7 ..... S1 = 0,22 cm^2
- Sens vertical :
  N° 8 et N° 9 ..... S2 = 0,24 cm^2
- Sens transverse :
  N° 10 et N° 11 ..... S3 = 0,33 cm^2

(Il s'agit bien de surfaces normales à la direction de la force appliquée).

* NOTE : A aucun moment nous n'avons eu besoin d'utiliser de tranquillisant ou de cocktail lytique, analogue dans ses effets.

Avec un peu d'expérience, il nous apparut qu'un animal redoute surtout la surprise ou la modification de sa situation, même si celle qu'il possède n'est pas dans le moment, particulièrement agréable. C'est surtout sous l'effet d'une surprise, ou d'un changement, qu'un animal réagit et manifeste son mécontentement.

Les effets notoires de divers tranquillisants, à doses limitées, consistaient surtout en une sorte de tristesse apparente et d'apathie susceptible de retarder, dans le temps, une réaction mais non d'en amoindrir l'importance.

Nous avons par conséquent préféré recourir, pour de courtes périodes de temps, à l'institution d'un véritable état anesthésique, utile, tant pour l'opérateur que pour l'animal, afin de mettre en place et de retirer, dans les meilleures conditions, nos dispositifs de traction.

b) Valeur de la force appliquée

Les mesures dynamométriques des ressorts employés nous ont donné :

- Sens antéro-postérieur :
  F1 = 100 g
- Sens vertical :
  F2 = 100 g
- Sens transverse :
  F3 = 70 g

c) Valeur des pressions appliquées

En tenant compte du fait que la moitié de la force correspond à la moitié de la surface radiculaire prise en considération, les valeurs des pressions appliquées s'établissent à :

- Sens antéro-postérieur :
  P1 = 227 g/cm^2
- Sens vertical :
  P2 = 208 g/cm^2
- Sens transverse :
  P3 = 106 g/cm^3

Lorsqu'on connaît les chiffres préconisés par Schwartz (25 g/cm^2) par exemple, chiffres présentés comme des optimas, ces pressions paraissent énormes.

Cependant, lorsque l'on compare plutôt ces pressions aux nombres fournis par les exemples cités en deuxième partie, il est aisé de remarquer que de tels chiffres ne sont pas sans rapport avec la réalité. Il suffit au départ de forces modestes, pour engendrer, selon les montages mécaniques, de telles pressions. (exemple n° 2, V, 2e Partie).

C'est, en outre, au cours d'une action expérimentale, qu'il peut être spécialement intéressant de recourir à de telles pressions.

III - OBSERVATIONS EN COURS D'EXPERIMENTATION

a) Le poids

Normalement, chaque animal présentait un accroissement de poids journalier de l'ordre de 2 pour 100.

Chez les animaux soumis à une alimentation artificielle, du fait des dispositifs de traction, qu'ils subissent ou non une action mécanique, le maximum de diminution pondérale journalière a été de l'ordre de 7,5 pour 100. Dès le retour à une alimentation spontanée à discrétion, l'augmentation a atteint un maximum de 9,5 pour 100, pour se stabiliser ensuite. Très vite, les rats ont donc repris un poids normal.

Ces variations s'expliquent aisément par la carence hydrique difficilement évitable dans les conditions de l'expérimentation.

b) La température

Il s'agit d'une température buccale approximative, mesurée à l'aide d'un thermomètre donnant le 1/10 de degré, des variations de l'ordre d'un demi-degré pouvaient être notées selon, par exemple, l'enfoncement du réservoir à mercure dans la gueule de l'animal.

94 *En haut : les courbes de variations pondérales journalières.*

En bas : les courbes de température.

(Les flèches marquent les temps en heures.)

La chute thermique observée à H 72 résulte d'une série de mesures effectuées après une anesthésie par inhalation. Le refroidissement qu'une semblable manœuvre peut entraîner au niveau des voies aériennes supérieures peut en être tenu pour responsable.

La stabilité d'ensemble de ces mesures thermiques simples reste toutefois un élément qui nous confirme que nos rats d'expérimentation sont restés en bon état.

c) **Les signes dentaires**

Le rat de laboratoire est un animal d'une propreté tout à fait remarquable. Il passe de longs moments à sa toilette.

- à H 48 : 48 heures passées dans l'impossibilité de faire le moindre mouvement vers sa bouche ou sa tête, donnent vite triste mine à l'animal, car les sérosités buccales et nasales s'accumulent, s'oxydent, et peuvent en imposer pour quelques épistaxis.

L'animal n° 8 présenta dès le début de l'immobilisation un œdème marqué du cou et de la zone sous-maxillaire. Ce phénomène rentra vite dans l'ordre avec le débridement de la tunique. Vingt-quatre heures après environ, cet œdème devait disparaître.

- à H 96 : au temps final de la traction, on pouvait observer :

N° 6 et N° 7 : projection vestibulaire de G1* (dans un mouvement de version nasale associé très limité)

N° 8 et N° 9 : 0,5 mm sépare les bords occlusaux de G1 et D1. G1 est élevée dans un mouvement franc de version nasale.

N° 10 : diastème interincisif franc mais asymétrique. 1,3 mm au bord coronaire cervical, réduit à un millimètre au bord triturant. Le mouvement dentaire s'est donc révélé asymétrique.

* La Terminologie Dentaire en usage désigne les Dents Droites par la lettre D ou d, les Dents Gauches par la lettre G ou g (majuscules au maxillaire supérieur). Le chiffre désigne le numéro d'ordre de la dent considérée en partant du milieu de l'arcade. Ex.: G1: incisive centrale supérieure gauche.

N° 11 : Le diastème obtenu fut symétrique de 1 mm sensiblement égal au bord triturant et au bord coronaire cervical.
Tous ces mouvements évoquaient des versions et non des gressions (mouvement de translation en masse parallèlement au grand axe de la dent).

- à H 100 : Dès la suppression des appareillages, en trois heures, les animaux reprenaient bon aspect.
- à H 127 : En trente heures le N° 7 et le N° 9 voient revenir G1 en position paranormale.
  Au même moment, N° 10 montre un diastème franc de 30/100 de mm, susceptible d'être augmenté, sans douleur apparente, à 50/100 de mm.
- à H 151 : N° 7 : état dentaire et gingival apparemment excellent.
  N° 9 : pas de mobilité dentaire perceptible mais net recul de l'angle disto-vestibulaire gingival de G1
  N° 11 : Le diastème s'est réduit, entre D1 et G1, à un passage franc de 12/100 de mm ; une cale de 25/100 de mm passe avec frottement ; une cale de 50/100 de mm ne peut plus passer.
- à H 175 : N° 7 et 9 : rien à signaler
  N° 11 : une cale de 12/100 de mm passe avec frottement
- à H 223 : Le N° 7, le N° 9, le N° 11 montrent un aspect gingival et dentaire excellent.
  Le N° 9 montre cependant une rétraction de l'angle gingivo-dentaire qui persiste. Plus de diastèmes apparents, ni séquelles visibles de déplacements. Une cale mince ne passerait qu'avec effort. Il est à remarquer aussi que les animaux remis en alimentation spontanée ont pu, très rapidement, sectionner les pavés qui leur étaient proposés. Qu'ils aient subi ou non de tractions mécaniques, ce fait prouve, au moins, que la fonction d'incision restait praticable pour tous les sujets.

d) **En résumé:**

Le déplacement dentaire peut être obtenu au départ. Il s'effectue rapidement dans des mouvements respectant le sens de la force appliquée.

Comme il était facile de le prévoir, dans le système mécanique édifié pour cette expérimentation, les mouvements obtenus apparaissent comme des mouvements de versions.

Il arrive, par manque d'un guidage rigoureux de provoquer des déplacements asymétriques imprévus.

L'importance du déplacement n'est pas identique dans tous les cas. L'amplitude maximale a été observée dans le sens transverse. Il faut remarquer que dans ce cas, la force employée y était moindre. L'amplitude, en revanche, a été minimale dans le sens vertical.

Tous les mouvements obtenus dans les conditions de cette expérimentation, ont été réversibles quant à leur topographie.

Les tissus ont apparemment bien supporté ces pressions. Les altérations les plus nettes nous parurent localisées au lieu du passage direct de la ligature. Ces altérations sont attribuables au cisaillement que ces fils pouvaient occasionner. Elles ont cependant paru vite réparées, mais dans le sens de la rétraction des tissus les plus traumatisés.

Ces signes résultent du seul examen clinique direct.

IV - OBSERVATIONS TELERADIOGRAPHIQUES

La radiographie permet d'observer qualitativement, sur le vivant, des structures calcifiées.

La téléradiographie permet, en outre, si elle est standardisée, des appréciations quantitatives, dans un plan de l'espace et dans le temps.

C'est pour obtenir de semblables indications que nous avons construit un céphalostat adapté à un petit montage téléradiographique. Ensemble, dont nous résumons brièvement les principales caractéristiques.

a) **Matériel :**

— un repère antérieur réglable et blocable

— deux repères postérieurs réglables et blocables, susceptibles d'être déplacés à la demande, dans un plan (toujours le même).

- parallèlement à ce plan, une double glissière recevant un film
- perpendiculairement au plan du film, la source radiogène : appareil dentaire à très petit foyer, gage d'une bonne définition de l'image (7,5 milliampères sous 5 kilovolts : 7,5 mA/5 KV).
  Foyer de 1,2/1,2 mm.
- le rayonnement était canalisé par un cylindre de tôle (technique du long cône).

b) **Prise de vues**

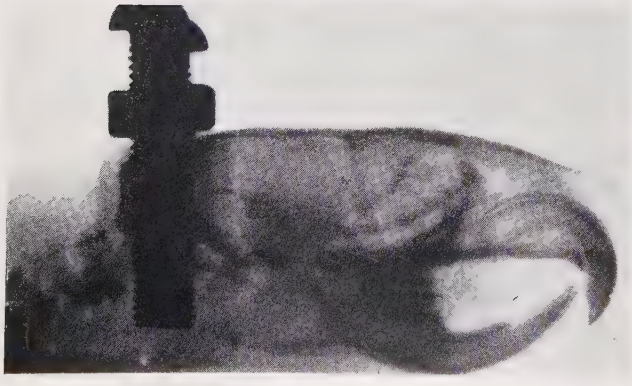
La prise des clichés était effectuée, soit sur l'animal anesthésié, soit après sacrifice, pour des raisons d'immobilité complète.

Pour des pièces anatomiques à propos desquelles l'équilibre musculaire n'entrait pas en ligne de compte, une telle manière de procéder ne présentait pas d'inconvénient.

En définitive, nous devions obtenir des films satisfaisants au rapport des distances suivant:

$$\frac{\text{Plan sagittal médian / Film}}{\text{Foyer / Film}} = \frac{20}{1} \text{ e}$$

(rapport que les meilleures installations concernant l'Homme respectent)



◀ **95** *La téléradiographie de profil.*

96 *Le calque correspondant.*

c) **Tracés**

Comme chez l'Homme, ces films devaient nous servir afin de dresser des calques des parties intéressantes, de signaler divers repères en apparence stables, et, enfin, d'effectuer des superpositions par exemple, pour un même sujet, avant et après déplacement éventuel.

Nous devions sélectionner les tracés suivants:

- Ligne exocrânienne dans son contour supérieur et externe.
- Saillie intra-crânienne antérieure.
- Os nasaux et raccord avec l'os alvéolaire en zone antérieure.
- Contour de l'incisive centrale supérieure gauche.
- Plancher palatin.
- Bord antérieur de la première molaire supérieure gauche.
- Bord antérieur de l'arcade zygomatique.

Remarquons que tous ces tracés, à l'exception unique, inévitable, des dents et de l'arcade zygomatique, sont situés sur un même plan sagittal.

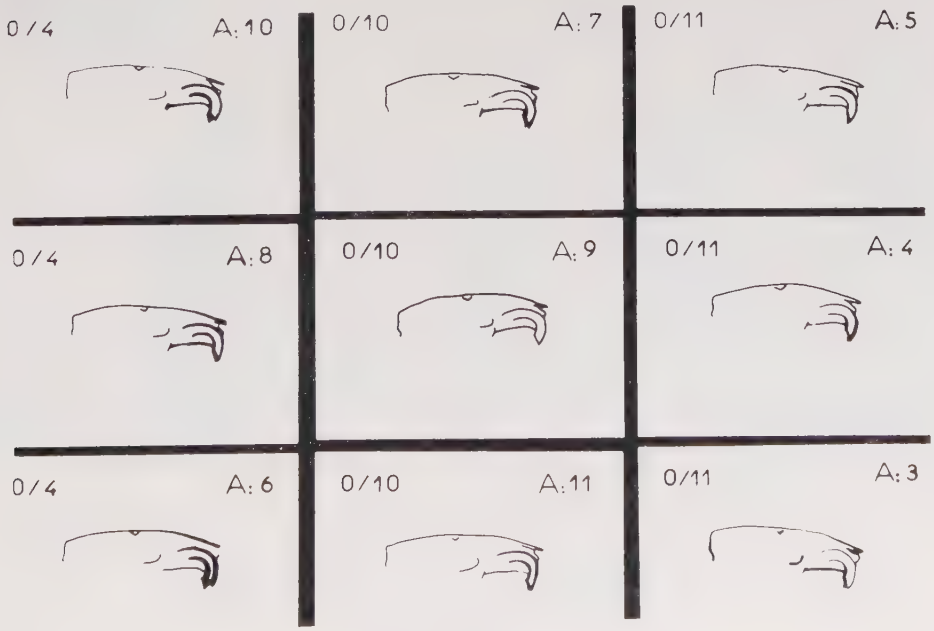
En outre, il faut avoir dressé quelques tracés pour savoir qu'une simple épaisseur d'un trait de crayon trop gras suffit pour constituer une première source d'erreurs.

d) **Superpositions**

Aussi, afin de superposer, nous avons limité les tracés au minimum indispensable et nous avons opté pour des superpositions directes sur point et ligne anatomique:

- Saillie intra-crânienne antérieure.
- Angle crânien postéro-supérieur.
- Ligne supérieure du frontal et de la boîte crânienne.

Excluant tout point, ligne ou construction de polygone de superposition, qui, sans avantage particulier, serait venu apporter ses propres sources d'erreurs.



97 *Les superpositions.*

Nous présentons ici les superpositions :
- Série 0/4 : le mouvement proprement dit
- Série 0/10: le retour aux positions d'origine
- Série 0/11: les superpositions des calques concernant les témoins.

e) **Résultats**

Les superpositions confirment les impressions cliniques:
- N° 6: mouvement vestibulaire avec élévation coronaire.
- N° 8: mouvement d'élévation en direction nasale, toutefois moins nette que cliniquement .
- N° 10: peu de déplacement visible (mouvement effectué perpendiculairement au plan du film).
- N° 7, 9, 11: retour aux positions initiales.
- N° 3, 4, 5: confirmation de la fixité de l'ensemble des pièces anatomiques considérées pour la durée de temps envisagée.

V - OBSERVATIONS HISTOLOGIQUES

Après sacrifice par prolongation de l'anesthésie, chaque animal fut sacrifié, décapité et dépecé aussitôt.

Seule fut utilisée ici la partie antérieure de la tête, en avant de l'orbite. Il s'agissait d'une pièce considérable en volume. Mais la conservation de l'intégralité de la zone dentaire nous est apparue utile à un examen topographique d'ensemble.

Eléments techniques
- Fixation dans la quantité suffisante de liquide de Bouin aqueux, pendant une période au moins égale à 8 jours. Puis, toutes les pièces réunies suivirent également le même traitement:
- Décalcification à l'acide nitrique à 5 pour 100 en solution aqueuse.
- Lavages.
- Passages à la trompe à vide.
- Déshydratation.
- Inclusion mixte celloïdine-paraffine après un long traitement au benzoate de méthyle.
- Manœuvre d'inclusion, sous vide.

Puis les pièces furent coupées sagittalement ou transversalement, de façon à permettre l'observation des déformation dans le plan présumé le plus favorable à l'étude.

Ces coupes, exécutées à l'aide d'un microtome usuel à lames d'acier, furent d'une épaisseur variant de 7,5 à 15 microns.
- Déshydratation prolongée des lames en étuve à air sec.
- Prélèvement d'environ 1000 lames, porteuses chacune en moyenne de 3 coupes.
- Coloration, une lame sur deux, alternativement, par une méthode trichrome:
  soit: Hémalun-Picroindigocarmin
  Glychémalun-Picroindigocarmin
  Hématoxyline de Groat - Picroindigocarmin
  soit coloration par la méthode d'Azan (variante rapide de la méthode).
- Observation et sélection finale des lames.

A — ANIMAUX TEMOINS :

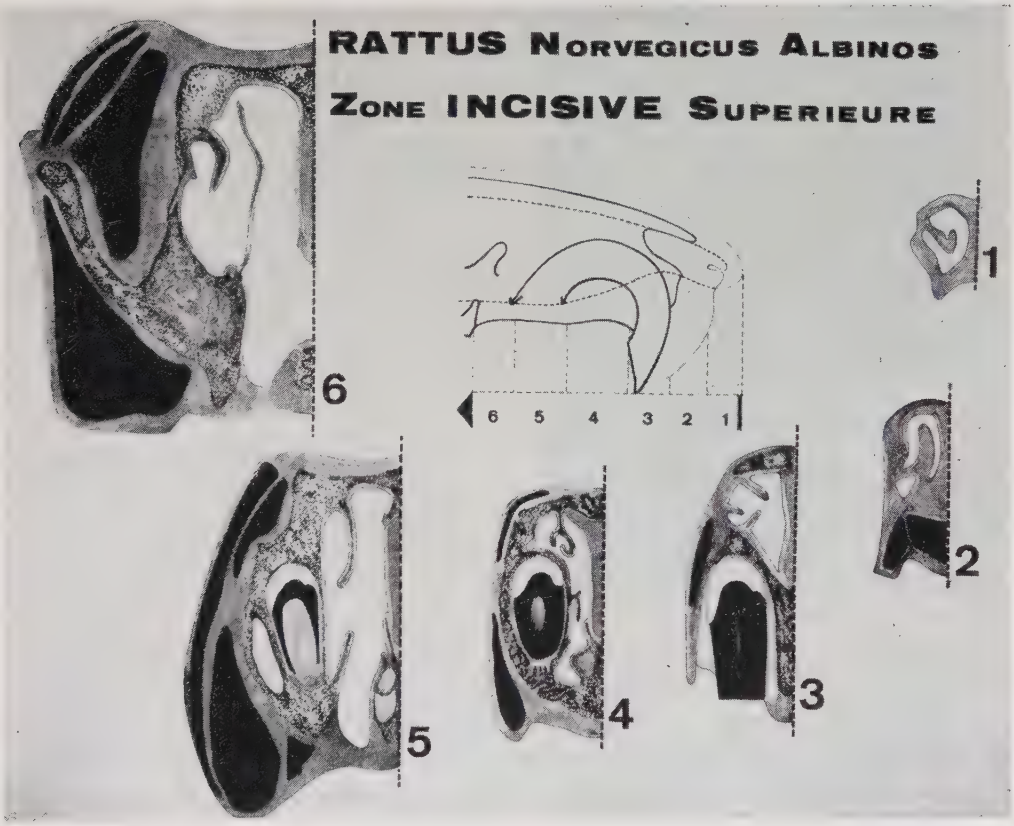
Description anatomique

Chez le rat, la zone anatomique qui nous intéresse, représente la juxtaposition d'un secteur nasal et d'un secteur dentaire.

Toujours nettement séparés, l'un et l'autre s'imbriquent tout de même très étroitement.

Ils sont orientés selon le grand axe postéro-antérieur de l'animal. Perpendiculairement à ce grand axe, nous décrirons la zone anatomique intéressée en la divisant en six parties :

(1) Zone narinaire
(2) Zone prédentaire
(3) Zone coronaire
(4) Zone radiculaire moyenne
(5) Zone apicale
(6) Zone post-apicale



98 *Au centre : schéma sagittal de la zone étudiée — en rappel les demi coupes verticales des principales zone.*

1 : Zone narinaire.
2 : Zone prédentaire.
3 : Zone coronaire.
4 : Zone radiculaire moyenne.
5 : Zone apicale.
6 : Zone post-apicale.

(1) *Zone narinaire*

Armature exclusivement cartilagineuse tapissée de tissus de recouvrement que l'on retrouvera tout au long des fosses nasales. La cloison sagittale médiane en X, émet des prolongements latéraux supérieurs et inférieurs, évoluant au fur et à mesure que l'on se dirige en arrière, vers la fermeture d'une boîte cartilagineuse trapézoïdale à grand côté supérieur.

(2) *Zone prédentaire*

Elle peut se caractériser par la présence sous cette boîte, de fibres musculaires tendues dans une direction générale horizontale et dans un plan transverse.

Ces fibres se rejoignent sur le plan sagittal médian en un tractus constituant un frein. Elles sont au contact direct de la couronne dentaire.

En dessous, la cavité buccale commence par un vestibule peu profond.

(3) *Zone coronaire*

La dent apparaît : puisque décalcifiée, la masse minérale de l'émail qui occupe comme une bande tout le dos de la grande convexité formée par la dent, a disparu. C'est donc ici un vide qui substiste.

La dentine, par contre, décalcifiée elle aussi, montre encore une grande partie de ses structures. Leur ensemble forme un ovale allongé dans le sens vertical, contenu dans une loge large, commençant à constituer l'alvéole. En avant celui-ci ne comporte d'os que dans la partie médiane, sorte de fer de lance pointé en bas. Latéralement, il s'agit de tissu fibreux recouvert de la muqueuse buccale.

Au-dessus de l'étage dentaire, des fibres musculaires subsistent en avant, puis il s'agira d'un seul frein fibreux qui disparaîtra à son tour.

Au-dessus encore, c'est l'étage nasal : intégralement cartilagineux, ne montre que la partie antérieure des os propres du nez avec deux zones ossifiées droites et gauches.

L'ensemble forme une sorte d'écaille transverse, toujours distincte des cartilages nasaux.

Les trois étages : dentaire, musculo-fibreux, nasal, restent trois étages nettement séparés et superposés. Mais, bientôt, en arrière, l'étage moyen disparaîtra, l'os enserrera la dent sur sa face supérieure, puis latérale externe, établissant avec elle de solides liens ligamentaires depuis l'os vers la dent.

La pulpe étroite s'approche souvent très près du bord occlusal, les masses musculaires sont rejetées latéralement.

(4) *Zone radiculaire moyenne*

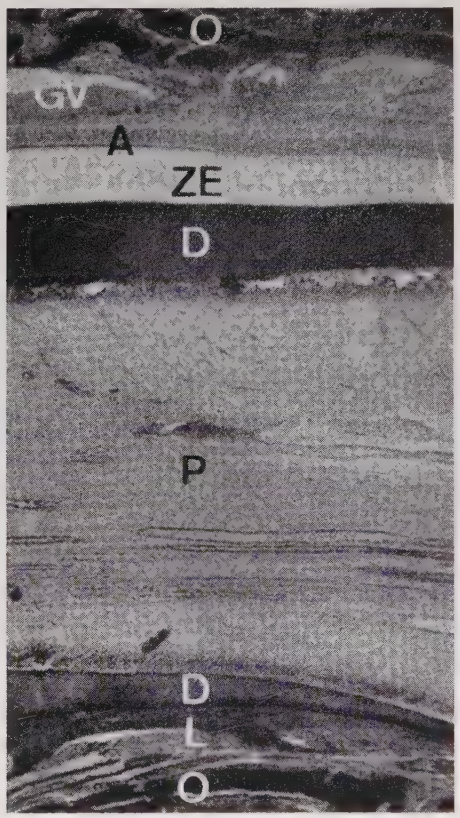
Une coupe passant en haut de la grande concavité, formée par l'ensemble de la dent, montre bien à quel point les étages dentaire et nasal ont modifié leurs rapports. De superposés, ils sont devenus très imbriqués verticalement. Les fosses nasales plongent entre les deux racines dentaires et se voient toujours séparées par une épaisse cloison cartilagineuse qui semble maintenue entre deux glissières osseuses, l'une supérieure, l'autre inférieure.

Un grand nombre de diverticules constitue les cornets cartilagineux. Ils sont approximativement symétriques et forment autant de couloirs offrant une large surface de contact avec l'air inhalé.

De part et d'autre, dans des loges osseuses à cloisons parfois très fines, la paroi interne en général plus mince que la paroi externe, se trouve l'ovale dentaire, dont le grand axe est vertical.

La dent représente l'organe maître en volume de tout cet ensemble.

Elle montre un croissant d'émail concave vers le bas, marqué latéralement de deux petits sillons déprimés. L'émail est tapissé sur sa paroi externe, d'une couche d'adamantoblastes, enveloppée vers l'extérieur, par une couche support, très richement vascularisée. Le tout est gainé d'une mince enveloppe fibro-conjonctive, constituant un fin feutrage périphérique.



99 *Coupe sagittale en zone radiculaire moyenne.*

O - os.
GV - gainage vasculaire de l'émail.
A - adamantoblaste.
ZE - zone de l'émail.
D - dentine.
P - Pulpe
L - ligament.

Vers l'intérieur, arrive la jonction émail-dentine. Un anneau de dentine ovalaire contient la ulpe, masse de tissu conjonctif, en coupe transverse tapissée à l'intérieur par les odontoblastes. Très richement vascularisée, la pulpe montre de larges vaisseaux remplis d'amas d'hématies.

Autour de cette unité dentaire, partout où il y a de la dentine, s'insère sur un très fin cément acellulaire, un solide ligament, à fibres approximativement radiées. Ces fibres sont très croisées là où le ligament est fonctionnel et en rapport avec la dentine. Pourtant, les fibres restent en continuité avec le feutrage fibreux des couches périphériques de l'émail; à ce niveau les fibres deviennent circulaires.

Ce ligament semble présenter une épaisseur proportionnelle à celle de l'os dans lequel il s'insère. Ainsi, il est plus large du côté externe que du côté interne. Il atteint un maximum d'épaisseur au pôle inférieur de la dent, où les fibres s'amassent en faisceaux puissants.

La trabéculation osseuse est, elle aussi, très particulière.

Au niveau de la concavité incisive, elle apparaît pliée en accordéon en couches transversales superposées, mais elle devient radiée au niveau de la convexité externe de cette même dent. A la minceur des parois latérales s'oppose l'épaisseur des secteurs médians.

Une des particularités qui se retrouvera toujours et partout dans ces pièces est bien la richesse de la vascularisation. Le ligament notamment est très richement irrigué. Les vaisseaux se trouvent en périphérie. Plus près de la paroi osseuse que de la paroi dentaire, ils constituent un réseau régulier, particulièrement fourni aux deux pôles de l'ovale dentaire.

(5) *Zone apicale*

C'est l'arc osseux, grande lyre, qui donne à la pièce toute sa physionomie. A l'intérieur et à l'extérieur de cette arcade principale, s'étendent de puissantes masses musculaires qui encadrent un grand rectangle vertical médian séparé en deux parties par la grande cloison nasale verticale. En arrière et en bas, cette cloison devient libre.

L'espace nasal occupe une grande partie de la surface de la pièce. Les prolongements des cornets déterminent des couloirs aériens sagittaux.

L'ensemble dentaire se réduit maintenant à un mince croissant ouvert en bas, contenu dans une logette osseuse et montrant successivement de haut en bas :

- une zone d'intense irrigation sanguine
- un feutrage conjonctif à fibres très fines et circulaires
- l'épithélium externe, la zone du stratum intermedium qui entoure les adamantoblastes vers leur bord externe
- l'alignement remarquable de régularité des adamantoblastes
- une vaste zone libre, normalement occupée par l'émail, ici détruit par décalcification. Plus on se dirige en arrière, plus il reste des chances d'observer des vestiges de l'émail dont la minceur rapproche les parties organiques avoisinantes. Ces vestiges prennent d'autant mieux la coloration que l'on se trouve plus latéralement vers la jonction émail-dentine.

Il arrive, que des décollements se produisent autour des limites de l'émail. Nous attribuons ces espaces à des artéfacts, surtout dus à la coupe et à des gonflements difficilement évitables des pièces.

- la limite de l'émail conduit sur un croissant dentinaire, gainé latéralement par son manchon ligamentaire et tapissé sur son bord interne de la couche régulière des odontoblastes
- le tissu pulpaire, abondamment vascularisé par le pôle inférieur, montre ses artérioles coupées transversalement
- le tissu osseux reste fidèle à la dent. Partout où il y a dent, on trouve l'os, souvent à l'état d'une mince couche ou de très fine cloison. Cet os est toujours présent. Au delà de cette cloison, c'est la fin de l'espace dentaire incisif.

(6) *Zone post-apicale*

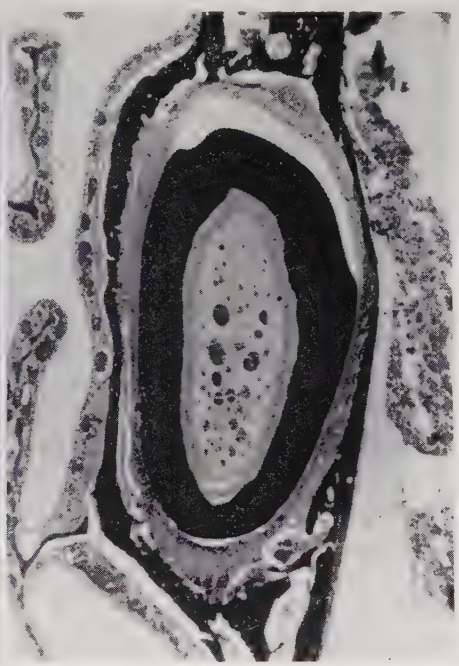
Les différents étages restent semblables à leur disposition observable en zone apicale.

La paroi osseuse dépassée, on parvient dans une logette osseuse, occupée par le tissu glandulaire de la glande nasale latérale (Warshawsky). Les cellules sont groupées en ilôts irréguliers, des canaux excréteurs semblent suivre une destinée nasale.

Passé cet espace polyhédrique, nous parvenons, vers l'arrière, sur la racine de la première molaire supérieure où une nouvelle zone de mastication commence.

C'est sur un tel territoire que se sont appliquées nos forces, dans les conditions déjà précisées (3e partie 1.)

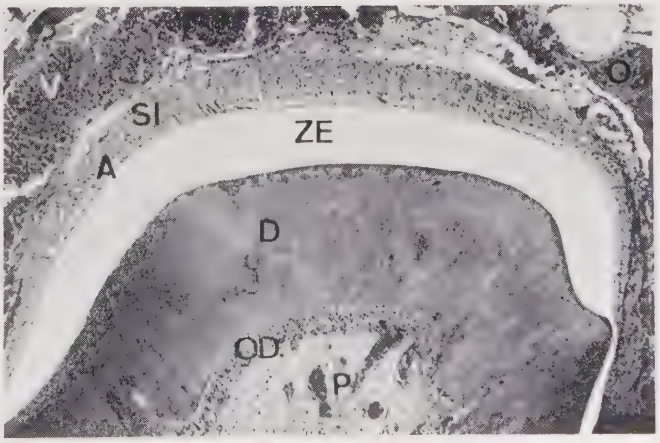
100 *Vue d'ensemble dune coupe verticale en zone 4.*

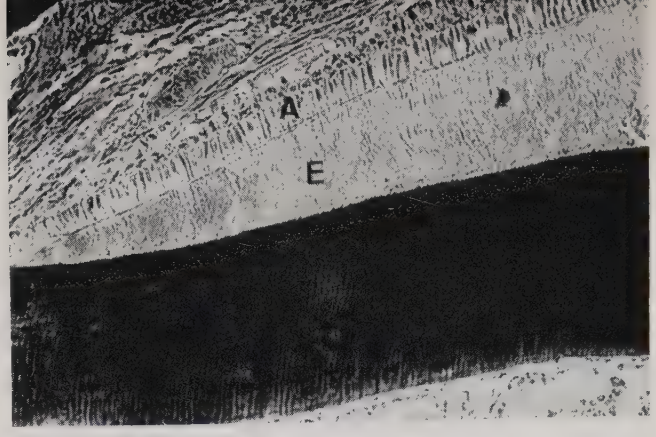


101 *La dent (zone 4).*

102 *Le pôle dentaire supérieur.*

O = *os.*
V = *vaisseau.*
SI = *stratum intermedium.*
A = *adamantoblastes.*
ZE = *zone de l'émail.*
D = *dentine.*
OD = *odontoblastes.*
P = *pulpe.*





103 *Email et Dentine :*
A = Les adamantoblastes.
B = L'émail.

104 *La jonction émail - dentine - ligament.*

105 *Le pôle dentaire inférieur et une image caractéristique de la trabéculation osseuse.*
P = pulpe.
V = vaisseaux.
L = ligaments.
TO = trabéculation osseuse.

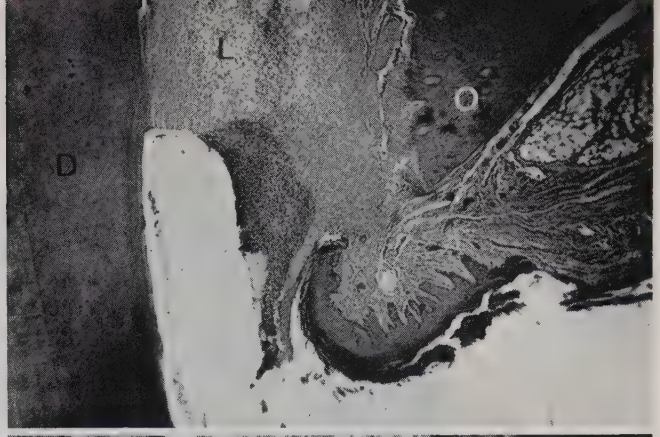
B. ANIMAUX CONTRAINTS

Voici quelques vues sélectionnées de pièces relatives à des animaux qui ont subi des contraintes orthodontiques.

a) (1) *Sujets N° 6 et N° 7 contraints et examinés dans le sens antéro-postérieur* (sur coupes sagittales).

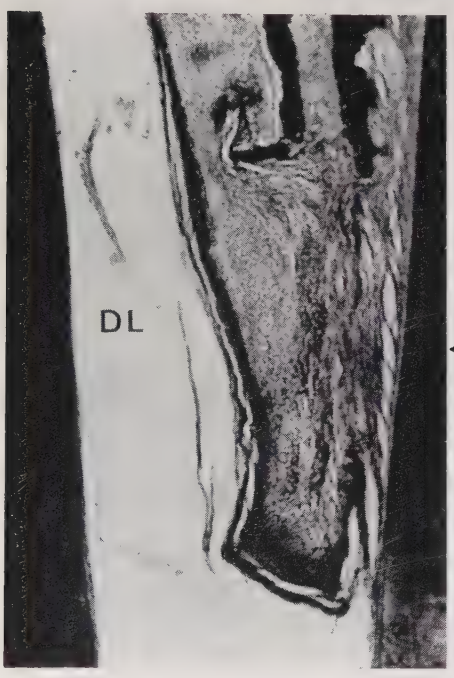
N° 6

6 AP 045 : traction d'arrière en avant avec élongation des fibres ligamentaires rétro-coronaires. Espace correspondant au passage du fil tracteur. Vers la face vestibulaire, au contraire, densification fibres. Nombreuses hématies infiltrant la zone de traction.



106 *La zone de tension ligamentaire rétrocoronaire, noter la réaction autour du fil tracteur (coupe sagittale).* ▶

107 *Déchirure ligamentaire et réaction autour d'un fil tracteur.* ▶



◀ **108** *Déchirure ligamentaire autour d'un fil tracteur.*

6 AP 047 : petits hématomes dans la zone de traction, en zone vestibulaire, tassement ligamentaire et contact étroit entre les fibres musculaires préincisives et l'émail.

6 AP 085 : Les aspects de traction sont beaucoup moins francs comme si une partie importante des efforts était absorbée en avant (à comparer à 1 AP 013).

6 AP 089 : Dans la zone de recouvrement de l'émail, nettes images de traction des fibres ligamentaires, avec nombreuses cellules sanguines infiltrant les tissus.

6 AP 095 : bonne conservation de l'intégrité des différentes couches tissulaire (6 AP 096, image équivalente).

N° 7

Le N° 7 est un animal identique au précédent. Les tractions sont effectuées dans des conditions identiques, mais l'animal a subi en outre 144 heures de repos.

109 *Le chevelu ligamentaire en zone moyenne après traction et repos.*

7 AP 158 : bonne récupération des fibres ligamentaires au niveau du passage du fil de traction. Les différentes couches cellulaires restent épaissies, mais la densité ligamentaire est retrouvée, tant en avant qu'en arrière de la couronne dentaire.

7 AP 190 et

7 AP 193 : images d'intégrité de la zone apicale.

7 AP 191 : il faut noter la subsistance de larges lacunes dans la couche qui gaine la zone formatrice de l'émail en zone apicale. La pulpe reste intacte.

7 AP 200 : nombreux vaisseaux pulpaires bien apparents, normalement remplis d'éléments figurés.

En résumé, la densité des tissus et la forme doublement recourbée de l'incisive ont compliqué la coupe. Il n'est pas possible d'obtenir, dans un seul plan, l'intégralité de toute la longueur de la dent et ses structures associées.

Le mouvement de projection antérieure est bien apparent. Les altérations visibles intéressent le tissu de suspension ligamentaire. En pratique, il est net que par le grand nombre de ses fibres, le ligament fait office d'un tissu de suspension amortisseur. Les décalages et les espaces les plus francs apparaissent, soit sous forme de lacunes dans la zone apicale, au niveau du tampon constitué par les couches vasculaires, soit en zone coronaire, sous forme d'un tassement ligamentaire des fibres pré-incisives et d'une élongation des fibres rétro-coronaires tendues. Dans les zones de tension intense, des infiltrations sanguines peuvent apparaître.

Mais la réparation intervient rapidement vers le retour aux conditions et positions initiales.

b) (2) *Sujets N° et N° 9, contraints et examinés dans le sens vertical* (sur coupes pratiquées dans le sens transverse).

N° 8

8 F 023 : intégrité d'ensemble de la zone pré-dentaire.

8 F 025 : la masse musculaire est traumatisée par la ligature métallique, elle est pincée du côté gauche, mais les fibres musculaires gardent leur individualité.

8 F 039 : le passage de la ligature au collet entraîne des déchirures ligamentaires.

8 F 042 : l'incisive supérieure gauche est projetée, le tissu ligamentaire, très distendu, les lacunes osseuses paraissent plus volumineuses du côté tendu que du côté intact.

8 F 048 : côté compression, les corps des adamantoblastes sont détruits.

8 F 059 : côté traction, large image d'infiltration d'hématies, le long de la face inféro-interne du ligament. Au pôle dentaire supérieur, compression des adamantoblastes, large lacune osseuse.

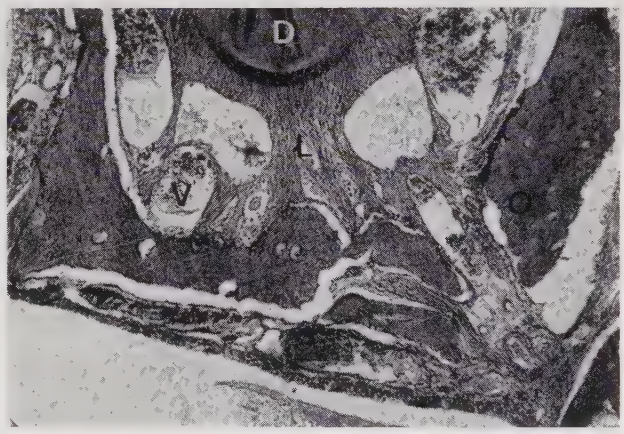
8 F 080 : image équivalente.

8 F 099 : retour vers un aspect normal, moins de compression des adamantoblastes, seule la partie médiane faîtière montre des traces de compression.

8 F 117 et

8 F 125 : images sensiblement normales.

8 F 129 : il semble que l'on ait dépassé une zone neutre, car les traces de compression se retrouvent maintenant au niveau du pôle dentaire inférieur, en particulier dans la zone ligamentaire. A ce niveau, les tissus intéressés semblent moins fragiles. Les adamantoblastes et leurs couches-gaines n'existent plus. C'est le ligament, tassé entre dentine et paroi osseuse, qui montre l'image la plus modifiée. Le réseau capillaire ligamentaire est étranglé par la compression des fibres. Il n'y a pas de trace d'hémorragie.



110 *Le ligament du côté intact (au pôle dentaire inférieur).*

En arrière de la zone neutre :

D = dentine.
L = ligament.
O = os.
V = vaisseau.

111 *Le ligament du côté contraint (compression du pôle dentaire inférieur en arrière de la zone neutre).*

8 F 136 : image analogue.

8 F 148 : au tassement observé au pôle inférieur, va correspondre une élongation au pôle dentaire supérieur. Les fibres des secteurs latéraux sont étirées, davantage du côté externe.

8 F 152 : bonne intégrité de l'ensemble. Du côté non contraint, des premières traces d'émail apparaissent. Du côté gauche, non tracté, aucune trace visible d'émail.

8 F 155 et

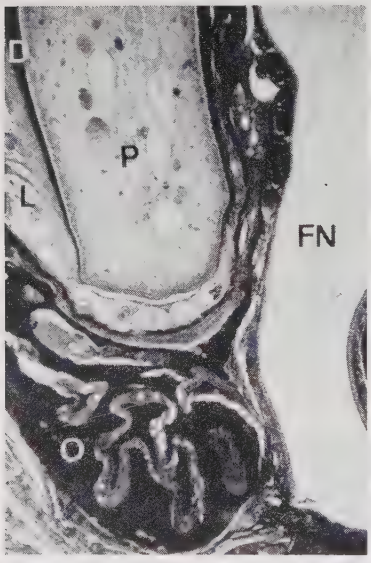
8 F 159 : images analogues à la précédente.

8 F 170 : l'absence d'émail du côté tracté persiste.

8 F 185 : le seul pôle dentaire inférieur montre un pincement ligamentaire, ailleurs, les aspects semblent normaux. Le retard d'apparition de l'émail persiste.

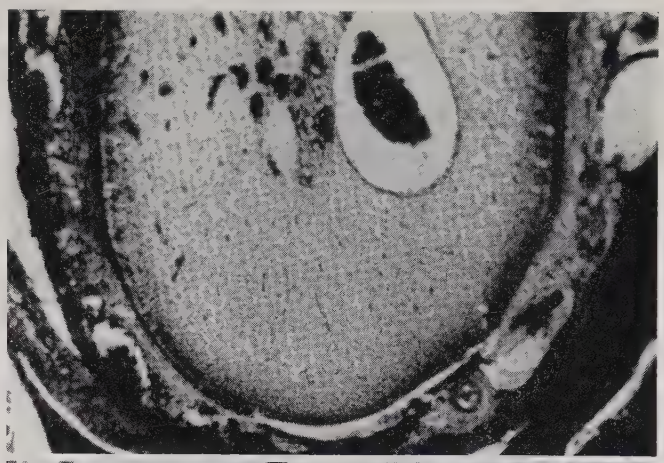
8 F 203 : l'ensemble dentaire semble décalé vers le bas et une large lacune apparaît en zone supérieure, au niveau de la couche péri-adamantine. Tassement en zone inférieure. Du côté tracté, l'émail apparaît enfin, sa coloration est considérablement moins tranchée que du côté non contraint.

8 F 207 : dans la partie supérieure de l'ensemble dentaire, on observe toujours l'existence de très larges lacunes. En outre, en zone inférieure, il y a tassement des fibres du ligament, et les fines extrémités dentinaires du croissant dentaire, sont comme pliées par le mouvement.



112 *Le pôle dentaire inférieur. Du côté intact zone apicale :*
D = dentine.
L = ligament.
P = pulpe.
FN = fosse nasale.
O = os.

113 *Le pôle dentaire inférieur. Du côté contraint noter la plicature dentinaire et l'image de compression.*



114 *Le pôle inférieur intact.*

115 *Le pôle inférieur contraint.*

TD = *Terminaison dentinaire.*
P = *pulpe.*
O = *os.*

8 F 226 : image équivalente.

8 F 265 : nous sortons de la zone dentaire et toutes les structures paraissent indifférentes au mouvement que la dent a subi.

N° 9

Le N° 9 est un animal identique au précédent. Les tractions sont effectuées dans des conditions identiques mais l'animal a subi un repos de 144 heures.

9 F 026 : le cartilage nasal a reçu la pression constante représentée par la réaction du dispositif support du ressort de traction. Nous attribuons à cette pression l'asymétrie de la boîte cartilagineuse. Un net pincement des fibres musculaires persiste. Il est dû au traumatisme occasionné par le passage du fil de traction. Par plages, ces fibres perdent leur individualité, pour prendre un aspect clair et diffus.

9 F 047 : très sévères altérations des fibres musculaires. Glissement de l'écaille osseuse transverse nasale, vers le côté droit.

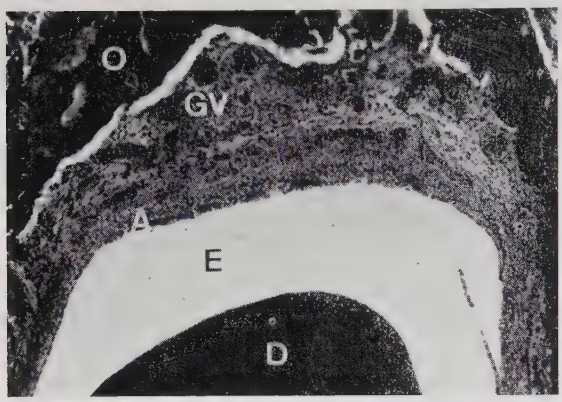
9 F 059 : déformation des plus fines structures osseuses, attribuée à l'action directe du passage du fil de ligature.

9 F 062 : persistance de l'altération profonde de la partie musculaire et du mur fibreux qui l'entoure ordinairement en dessus et en dehors.

Le fer de lance osseux médian est dévié du côté tracté. Les fibres conjonctives en périphérie de l'os semblent tracter aussi les parties calcifiées, mais dans la corticale, ces fibres gardent leur propre répartition.

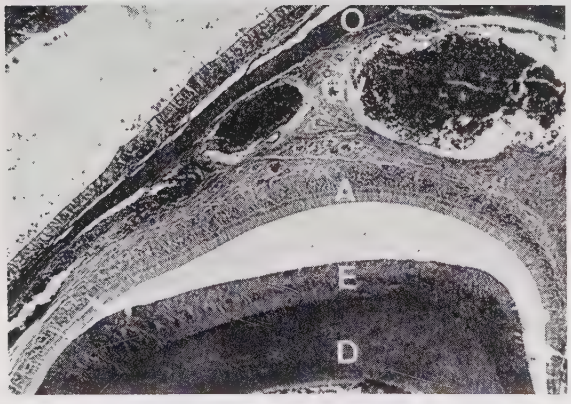
9 F 087 : nous pouvons à nouveau bien juger les tractions obtenues par les fibres ligamentaires; elles peuvent aller jusqu'au déchirement. Le pôle adamantin est sévèrement altéré par la compression. En remontant en direction cervicale, il est net que l'on observe des déchirures irréversibles du ligament. Ces altérations sont asymétriques et limitées au côté contraint.

9 F 096 : toute image d'adamantoblaste a disparu, de même que celle des capillaires que l'on peut voir normalement à ce niveau.

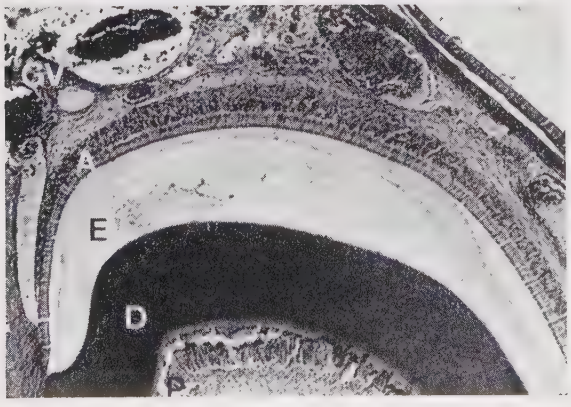


116 *Après une forte compression de l'ordre de 200 g/cm², toutes les cellules fragiles, adamantoblastes, couches gaines, etc. . . . sont irréversiblement détruites.*

O = os.
GV = gainage vasculaire
E = émail.
A = adamantoblaste.
D = dentine.



117 *Les efforts de traction paraissent beaucoup mieux absorbés. Un net décollement apparaît — s'agit-il d'un effet de traction ou plutôt d'un actefact ?*
Noter la double striation de l'émail.



118 *L'aspect d'ensemble reste satisfaisant, cependant aucun vestige d'émail n'apparaît au niveau d'une dent contrainte.*

9 F 119 : les couches-gaines des adamantoblastes, couche vasculaire d'une part, épithélium adamantin, stratum intermedium et adamantoblastes d'autre part, ont bien perdu leur individualité. Aux alignements ordonnés d'une dent normale, fait place un aspect pointillé, globuleux, signant une destruction irréversible. Ces structures font place à une sorte de bouillie cellulaire. Malgré la médiocre qualité de conservation du tissu pulpaire à ce niveau, il semble que les éléments figurés du sang restent plus rares dans les vaisseaux, côté tracté que côté sain. Il est possible de pressentir une ischémie pulpaire.

9 F 141 : cisaillement au niveau des adamantoblastes, l'épaisseur de la zone conjonctive du pôle supérieur apparaît augmentée. S'agit-il d'un espace libre créé par le retour à la position normale ? Ischémie pulpaire.

9 F 208 : tassement des fibres du ligament au pôle dentaire inférieur avec serrage du réseau vasculaire.

9 F 219 : grande compression du pôle dentaire inférieur et partie pulpaire thrombosée. La zone dentinaire la plus fine montre des plicatures dans sa partie inférieure.

119 *L'hématome pulpaire, cause de l'ischémie survenue en aval.*

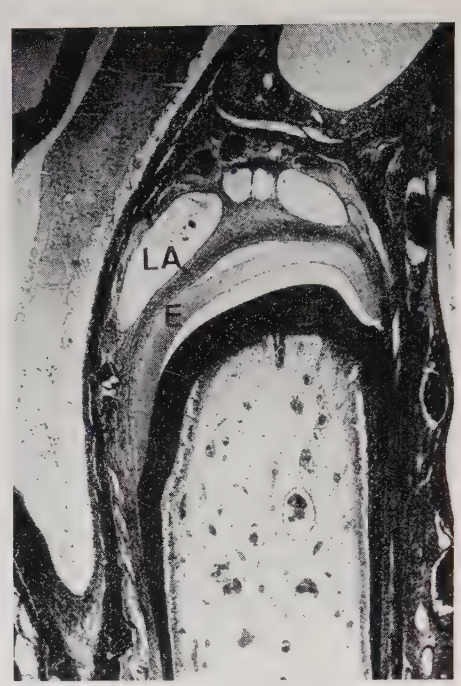
8 F 225 : à droite, nous pouvons voir de l'émail, mais pas à gauche. Les vaisseaux sont pratiquement vides de leur contenu. Les becs du croissant dentinaire sont déformés et repliés.

9 F 236 : images analogues.

9 F 246 : à gauche, moins coloré que du côté non contraint, l'émail commence à apparaître.

9 F 257 : forte perturbation vasculaire, larges lacunes de l'espace apical au niveau de son pôle supérieur.

120 *La dent intacte : le pôle supérieur en zone apicale. Noter la vive coloration de l'émail (E).*



121 *La dent contrainte. Noter les larges lacunes apicales (LA). Les vestiges d'un émail remarquablement pâle (E).*

9 F 273 : au-delà de l'espace dentaire, les différentes structures, les différents tissus paraissent indifférents au déplacement dentaire, tant du côté tracté qu'à plus forte raison, du côté sain.

En résumé : Dans le sens vertical le déplacement s'est effectué comme la rotation d'un levier, autour d'un point central approximativement fixe. En orthodontie, un tel mouvement représente une version.

Ce sont les parties ligamentaires qui jouent, pour l'instant, le rôle principal, en se distendant ou en se comprimant selon les contraintes appliquées. Le rôle de la « suspension » ligamentaire reste bien mis en évidence. Toutefois, bien que la valeur de la pression soit sensiblement égale à la valeur de la pression appliquée dans le sens antéro-postérieur (N° 6 et N° 7), nous relèverons que :

- des perturbations pulpaires ischémiques sont apparues,
- les adamantoblastes et leurs couches périphériques ont subi des altérations très marquées, les vouant, par place, à la destruction,
- ces altérations apparaissent sitôt l'observation de la contrainte (H 4) et demeurent très perceptibles après la période de repos impartie.

Bien que les préparations effectuées ne visent pas l'observation spécifique de l'émail (NO^3H à 5 pour 100), la coloration de l'émail montre une perturbation dans le sens d'un retard d'apparition, tant sur la pièce prélevée à H 48 que sur la pièce reposée 144 heures.

Quant à la déformation des plus fines trames dentinaires apicales, nous la croyons certaine. A ce niveau, les premières ébauches de dentine ne montrent pas nécessairement une image aux contours d'une parfaite régularité. Mais il faut considérer que nous nous sommes adressés au même individu. Sur ce même sujet, nous avons observé simultanément le côté sain avec une terminaison régulière et le côté tracté avec une extrémité au contour tourmenté. Ceci nous oblige à penser que la contrainte en est bien la cause directe.

c) (3) *Sujets N° 10 et N° 11 contraints et examinés dans le sens transverse* sur coupes pratiquées dans le sens transverse)

N° 10

10 F 022 : la direction des fibres suit la direction des efforts. Le tissu musculaire est intact. (Dans ces tractions, les fils ne lèsent pas les muscles oraux).

10 F 053 : net aspect hémorragique côté tendu.

10 F 055 : image équivalente.

10 F 067 : le passage du fil de traction a refoulé et même déchiré de nombreuses fibres ligamentaires de la jonction gingivo-dentaire. La couche d'adamantoblastes et ses couches associées périphériques sont écrasées au niveau des faces externes. Ces altérations, plus marquées à gauche, permettent de penser à une asymétrie dans le fonctionnement du montage tracteur. L'absence d'un guidage rigoureux expose à la production de contraintes d'inégales répartitions.

10 F 100 : peu d'altérations à droite ; à gauche, par contre, écrasement des adamantoblastes, reflet de l'asymétrie du mouvement.

10 F 114 : côté le plus contraint ; ischémie pulpaire, net tassement ligamentaire côté pression, nombreuses hématies côté traction ; par plages, ruptures de fibres ligamentaires. Au pôle dentaire supérieur du côté gauche, on observe de nettes compressions des adamantoblastes. Le pôle droit, par contre, est intact. Tout se passe comme si, faute de préciser un mouvement, un organe dentaire s'était vu sévèrement altéré dans son déplacement tandis que l'autre restait sensiblement en place en conservant ses structures épargnées.

10 F 124 : images équivalentes.

10 F 148 : du côté gauche, les perturbations redeviennent plus limitées. Nous observons de nombreux ilôts d'hématies côté traction dans la partie ligamentaire. Le pôle dentaire supérieur est altéré.

10 F 213 : les zones de traction ne montrent plus de cellules sanguines extravasées. Il y a persistance de l'ischémie pulpaire.

10 F 255 : image équivalente.

10 F 265 : première apparition de l'émail du côté droit, d'autant moins dense en coloration que l'on se trouve vers le côté comprimé.

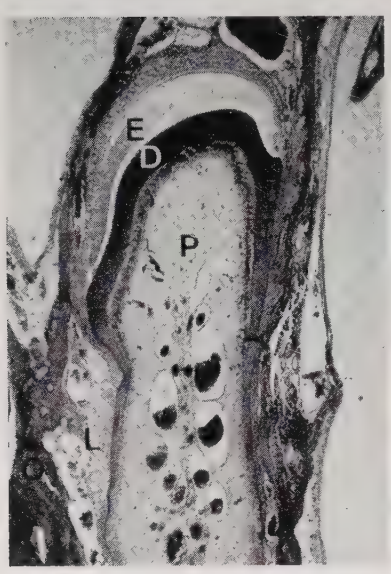
10 F 279 : ischémie pulpaire. Email inexistant à gauche. L'épaisseur des ligaments est inversée par rapport à la normale entre côté externe et interne.

10 F 306 : première apparition de l'émail côté gauche; persistance de l'ischémie pulpaire du côté gauche.

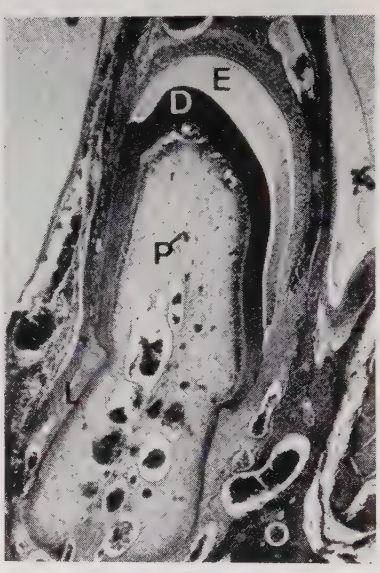
10 F 311 : les pôles dentinaires inférieurs présentent des formes tourmentées.

10 F 358 : au-dessus des pôles dentaires, larges espaces apicaux plus ouverts à droite qu'à gauche.

10 F 364 : il semble que l'on trouve, au niveau apical gauche, l'origine de l'ischémie observée en aval. La zone apicale gauche est en effet très hémorragique, évoquant la présence de thrombus oblitérants. Des images analogues seront relevées sur les coupes 10 F 373 et 10 F 380, tandis que sur la dente droite, l'image apicale est normale.



122



123

122 - 123 : Noter la distorsion apicale des dents droite et gauche avec inversion des épaisseurs ligamentaires.
E = émail — D = dentine — P = pulpe — L = ligament — O = os.

10 F 395 : au-delà de la zone dentaire, les différentes parties de la pièce paraissent indifférentes aux efforts appliqués dans la zone dentaire.

N° 11

Le N° 11 est un aminal identique au précédent. Les tractions exercées le sont dans les conditions identiques, mais l'animal a subi 144 heures de repos.

11 F 015 : intégrité du secteur nasal.

11 F 045 : intégrité de la zone musculo-dentaire dans sa partie antérieure.

11 F 077 : la raphé médian est intact, cependant, la synfibrose médiane paraît élargie par rapport à l'épaisseur que nous lui connaissons d'ordinaire. Infiltration d'hématies le long de la face mésiale de la dent gauche.

11 F 111 : tension des fibres en zone médiane de Gl. Nettes altérations des adamantoblastes et des couches cellulaires périphériques comparables aux images de compression observées sur les pièces précédentes. Moins asymétriques que pour la pièce N° 10, les altérations

que nous observons ne sont cependant pas rigoureusement équivalentes du côté droit et du côté gauche. Souvenons-nous pourtant que la clinique montrait un diastème tout à fait symétrique.

11 F 120 : très vite les adamantoblastes retournent vers un aspect normal. L'épaisseur ligamentaire et les espaces impartis au réseau vasculaire péridentaire sont normaux.

11 F 142 : bonne image d'ensemble. La partie faîtière du pôle adamantin montre encore la persistance des dommages sévères de la compression.

11 F 160 : intégrité de tout l'ensemble. Toutefois l'observation plus particulière de la dentine montre une épaisseur de dentine récente qui a pris davantage la coloration : ligne de contour d'Owen, ligne « calcio-traumatique » pouvant constituer la signature dentinaire à un traumatisme mécanique. Une telle ligne s'expliquerait avec une modification dans l'économie de l'odontoblaste sous l'influence du déplacement dentaire.

11 F 180 : proportionnalité entre épaisseur ligamentaire et os à un même niveau d'observation (comme chez les témoins).

11 F 285 : la vascularisation ne montre rien d'analogue aux perturbations observées sur la pièce N° 10. Nous ne pensons pas qu'il y ait eu réversibilité, nous pensons plutôt qu'une meilleure répartition des contraintes a évité l'apparition de troubles semblables.

11 F 294 : image équivalente.

11 F 321 : intégrité de tout l'ensemble.

11 F 361 : l'émail commence à apparaître ici de manière tout à fait symétrique entre côté gauche et côté droit. Compte tenu qu'à ce niveau apical, la compression s'appliquait de dehors en dedans, c'est précisément du côté interne que la coloration de l'émail subsistant apparaît la moins vive. La dentine montre toujours la ligne d'Owen déjà observée (11 F 160).

11 F 367 : il faut noter une inégalité de l'épaisseur des parois ligamentaires à droite et à gauche. S'agit-il de traces des actions appliquées ?

11 F 387 : cette lame est particulièrement intéressante car elle concerne la zone apicale, la plus récemment formée. L'épaisseur dentinaire, adamantine, rapprochée de la mesure d'un accroissement d'1/3 de mm par jour (ORBAN), la dénonce comme la plus influencée par le mouvement et son retour.

La répartition de la dentine et de l'émail paraît avoir reçu de nettes perturbations :

- la dentine : la face latérale interne montre en particulier un contour bourgeonnant et une augmentation de son épaisseur totale.
- l'émail: la présence de zones occupées par de l'émail, bas sur les faces latérales de l'incisive, surprend. Il est permis de penser que le mouvement appliqué à la dent expliquerait cette présence.

11 F 400 : image analogue.

11 F 408 : offre en particulier un aspect intact de la fine corticale osseuse en zone apicale.

11 F 427
et jusqu'à
11 F 449 : coupes placées au-delà de la zone dentaire et indifférentes aux efforts appliqués.

En résumé : Comme dans tous les autres cas, les déplacements ont été géométriquement conformes aux déplacements prévus sur maquettes et observés par la clinique.

Là encore, le comportement du ligament se superpose bien aux observations d'*Orban* et *Sicher* qui dénoncent sa formation en trois secteurs : osseux, dentaire et intermédiaire. Cette bande moyenne est précisément celle qui se détend ou se déchire lors de tractions trop intenses.

L'incident ischémique survenu pour le N° 10 paraît surtout attribuable à l'asymétrie dans laquelle le mouvement s'est engagé. En provoquant une élévation de la dent, les contraintes, au niveau de vaisseaux importants pénètrant dans la région apicale, ont entraîné leurs conséquences visibles en aval.

Considéré en masse, le retour aux conditions topographiques initiales s'est, là encore, effectué très vite, en laissant subsister fort peu de perturbations. Les perturbations persistantes se retrouvent au niveau des adamantoblastes et de leurs couches périphériques, stratum intermedium et epithelium externe. La couche conjonctive et très vascularisée subit aussi la contrainte mais l'absorbe plus facilement de manière réversible.

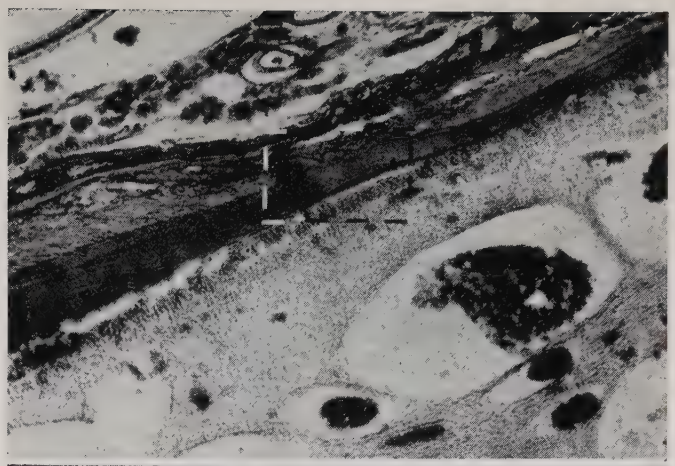
L'altération concernant la densité de coloration de l'émail paraît intéressante à noter. Elle semble en effet bien liée à l'existence de contraintes puisque la trame visible apparaît d'autant plus tard que la contrainte a été plus forte et prend d'autant mieux la coloration que l'on se trouve dans des zones moins sollicitées en compression; cependant, nous ne parvenons pas à nous en expliquer le mécanisme.

L'existence de lignes dentinaires « calcio-traumatiques » éveille notre intérêt, car il constitue une sorte de signature de l'odontoblaste bien que souvent éloigné de la zone des contraintes proprement dite.

La disposition atypique enfin de l'émail et de la dentine retrouvée sur l'une des pièces devrait se concevoir en rapport avec le déplacement des couches adamanto- et dentino- formatrices au début de leur activité. Nous souhaiterions disposer de davantage de pièces. Mais déjà il est permis de penser à la possibilité de déplacer l'odontoblaste ou de distendre son prolongement de Tomes sans en arrêter pour autant l'activité dentinogénétique. Au contraire, sur le seul plan quantitatif, celle-ci aurait semblé accrue.

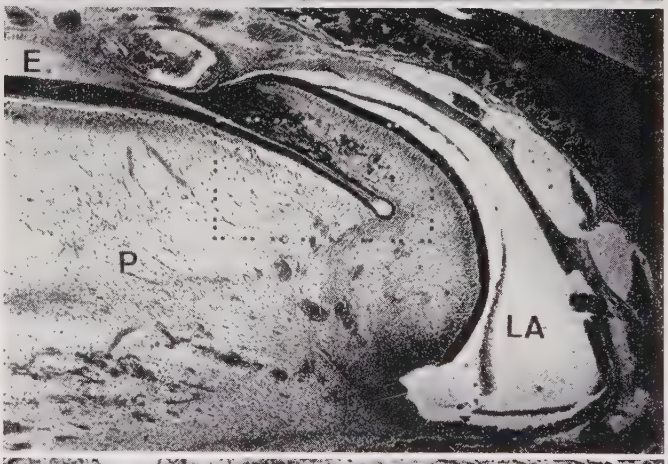
En règle générale, les tissus montrent un meilleur comportement vis-à-vis des contraintes de traction que vis-à-vis des contraintes de pression.

124 *Aspect particulier d'un bourgeonnement dentinaire en zone apicale soumise à contrainte.*

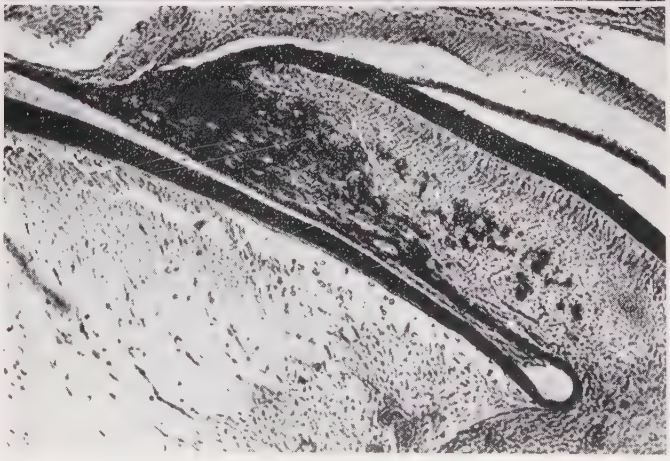


125 *Coupe sagittale de l'apex d'une incisive non contrainte. Noter la régularité des contours de l'émail de la dentine et des gainages apicaux.*

126 *Par opposition à la fig. 128, remarquer sur cette coupe homologue pratiquée sur une dent tractée, les larges lacunes apicales, ainsi que la rupture des couches de tissus dentaire.*



127 *A plus fort grossissement, noter l'aspect ostéoïde de la dentine apicale ainsi que le rétablissement de nouvelles et récentes couches de dentine et d'émail.*



CONCLUSIONS

Le parodonte constitue une unité physiologique.

Il nous apparaît comme parfaitement adapté à une fonction de nature essentiellement mécanique. La position de la dent est déterminante pour le maintien des différentes structures parodontaires et, par conséquent, pour une efficace longévité de l'organe dentaire. Qu'elles soient de cause anatomique, physiologique, voire thérapeutique, ce sont en définitive, des contraintes mécaniques, qui régissent la position des dents.

L'appréciation des diverses contraintes subies par l'organe dentaire, est plus délicate qu'il n'y paraîtrait à un premier examen. Elle nécessite de recourir à des méthodes d'études particulières. Parmi celles-ci, la photoélasticité, nous paraît une méthode de choix. Elle nécessite la mise au point de maquettes aptes à subir des tractions expérimentales.

Dans les conditions expérimentales qui furent les nôtres nous avons observé qu'il s'agissait de mouvements de versions, autour de points dont la situation exacte peut varier. Pour une même forme radiculaire, la localisation précise de ces centres, dépend de la direction et du point d'application des forces considérées. La photoélasticité désigne ces points, comme des centres de rotation autour desquels le sens des contraintes s'inverse.

Les indications fournies par la photoélasticité et les principes de cinématique orthodontique concordent.

Il convient pourtant de savoir limiter le champ des interprétations sur les maquettes réalisées. Pour nous, les contraintes observées ne restent vraiment significatives, que pour la zone dentaire. Certes, il est possible, au banc, de faire apparaître des contraintes au niveau des structures représentatives de zones extra-dentaires plus ou moins éloignées, comme des zones palatines, frontales, la cloison nasale, etc... Sans doute la pratique de l'orthodontie peut, elle aussi, montrer de tels exemples. Les disjonctions intermaxillaires à partir de dispositifs à seuls appuis dentaires, peuvent constituer l'un d'entre eux. Mais, à l'exception de tels cas particuliers, du reste démontrables aussi par la photoélasticité, nous n'attendons pas d'une contrainte dentaire, des modifications basales à distance, considérables. Pour les admettre comme des effets immédiats de contraintes dentaires, il faudrait en effet, observer ces modifications in vitro, puis les retrouver in vivo, prouvées par des méthodes histologiques.

Ces observations vis-à-vis des « zones chargées » appellent toutefois une remarque différente vis-à-vis des « zones neutres ».

Dans la mesure où la maquette est représentative de la pièce vivante qu'elle figure, si certaines zones sont exemptes de contraintes, elles le sont à plus forte raison sur pièce vivante.

Enfin, il faut garder en mémoire, les différences importantes qui existent sur le plan mécanique, entre une simple poutre pleine et l'association de caissons pouvant, en apparence, constituer la même poutre. La déformation progressive de chacun de ces caissons répartit et absorbe la contrainte initiale. Précisément, c'est là une différence importante entre maquette dense et pièce anatomique dont la structure hétérogène réalise une multitude de tels caissons.

Donc, isolées, les observations photoélastiques ne suffisent pas. De la même manière qu'une carte économique vient donner vie à une carte géologique, et permet alors une foule de déductions intéressantes quant aux influences réciproques des hommes et de leur milieu. Il nous faut recourir aux observations histologiques, afin de pouvoir avaliser certaines avances expérimentales.

En règle générale, là encore il y a concordance des résultats. Les figures pathologiques existent loin des centres d'appui (centres de rotation, hypomochlion, « fulcrum point »...) et prennent diverses manifestations qui varient selon la zone tissulaire envisagée. Toutes les modifications que nous rappellerons, sont nettement apparentes et témoignent de perturbations parfois irreversibles.

LE LIGAMENT -

Il mérite la première place, car il joue le rôle effectif d'un soutien amortisseur qui subit l'essentiel des contraintes.

En compression, ses fibres sont tassées, très serrées, et parviennent jusqu'à étrangler les vaisseaux et capillaire qui l'irriguent abondamment en temps normal. En s'écrasant contre le plan dur osseux, le ligament réunit à ce niveau toutes les conditions d'une sévère ischémie.

En tension, ses fibres ont un grand pouvoir d'allongement, mais lorsqu'elles parviennent à être trop sollicitées, et notamment sur une trop grande distance, leur trame apparaît de plus en plus claire et tendue, pour aboutir à la rupture. Alors des éléments sanguins viennent envahir les espaces trop distendus, et forment des sortes de fuseaux hémorragiques qui amincissent au fur et à mesure que l'on se dirige vers des zones moins traumatisées, par de moindres déplacements. Cette rupture se produit dans la bande moyenne du ligament, entre l'insertion osseuse et l'insertion dentinaire. Ce fait plaide en faveur des descriptions de fibres ligamentaires en trois faisceaux doués de résistances variables. La zone rompue deviendra le siège de suffusions sanguines.

L'EMAIL,

représente un tout. La description distincte entre sa masse minéralisée et son appareil formateur, n'obéit qu'aux servitudes matérielles de leurs examens.

Après l'indispensable décalcification, les préparations histologiques ne laissent apparaître que deux sortes de vestiges:

1) « Acellulaires »: c'est la trame striée de l'émail. Elle prend la coloration. Le seul fait de pouvoir observer cette trame ne semblerait pas indifférent à la présence de contraintes. Ainsi, chaque fois qu'il est possible de supposer l'existence de contraintes actives en compression, l'observation de la trame paraît retardée. De même la coloration est d'autant moins vive que l'on se place à un niveau où la pièce est davantage comprimée. Nous ne sommes pas en mesure de donner une explication à ce fait.
2) « Cellulaires »: Les adamantoblastes, avec leurs couches-support, subissent par la pression des destructions irréversibles, qui font place après repos, à une masse de tissus écrasés, d'un aspect globuleux attestant des contraintes passées. Sous l'effet des tractions, l'ensemble des adamantoblastes semble rester en bon état. Tout juste observons-nous

qu'une aire plus importante est laissée aux gainages formés par les plexus vasculaires. Les conditions réunies pour certaines de nos pièces (n° II, n° 7) ont montré la présence d'émail atypique.

Cette disposition pourrait être imputable au mouvement provoqué dans la zone apicale. Cela laisserait entendre qu'il pourrait exister, sous l'effet d'une contrainte mécanique, une adamantogenèse capable de se produire hors de son territoire normal et par conséquent, douée d'une véritable autonomie. Sur la voie des hypothèses, pourrait-on en outre songer à une modification dans la structuration même des prismes de l'émail édifiés dans de telles conditions ?

LA DENTINE

parmi toutes les pièces examinées, n'a offert aucune image d'altération profonde à trois exceptions près. Elles concernent surtout la zone apicale qui fut à la fois douée d'un grand pouvoir dentinogénétique, et cependant soumise à fortes contraintes.

1) Les extrémités dentinaires apicales présentaient un aspect plicaturé, là précisément où le mouvement, et la photoélasticité, permettaient de pressentir l'existence de contraintes agissant en compression.
2) Il faut signaler la présence d'une ligne de contour d'Owen, contemporaine de la contrainte, qui resterait une sorte de signature dentinaire de son passage.
3) Enfin, certaines digitations dentinaires atypiques témoignent du passage à leur niveau, au moment de la dentinogenèse, de la ligne des odontoblastes. Le retour aux positions initiales, et un nouvel étirement du prolongement de Tomes, prisonnier des structures qu'il venait d'édifier, serait-il à l'origine de cette surproduction dentinaire dysmorphique ?

LA PULPE

montre pour certaines pièces, des perturbations vasculaires ischémiques. Ces altérations ne sont pas seulement le fait d'une forte pression appliquée indistinctement. Elles se manifestent à l'endroit précis où les nombreux vaisseaux vont pénétrer à l'intérieur de l'espace pulpaire. C'est le mouvement de traction par élévation verticale, qui chez le Rat, s'est montré le plus préjudiciable pour le tissu pulpaire apical.

LE TISSU OSSEUX

à certes été soumis à de fortes pressions, cependant il n'a pas montré de modification, ni pour sa forme d'ensemble, ni pour ses plus fines trabécules. Il resta apparemment indifférent à de telles pressions, et nous n'attendions pas non plus, de remaniements de sa part. En effet, le temps d'application des contraintes était bref, et la nature traumatique même de l'effort appliqué faisait que le ligament, rompu par endroits, perdait tout lien efficace avec son support osseux.

Cependant nous voulons insister une dernière fois sur la très remarquable adaptation du tissu osseux à une fonction mécanique, orientée dans le plan sagittal (rongeur). Au-delà d'une fine corticale, semblant prolonger la distribution du ligament, les trabéculations osseuses de la concavité et de la convexité alvéolaire, sont très remarquablement orientées, pour absorber les efforts du double ciseau dentaire antérieur.

ont été sévèrement altérés par le passage des fils de ligatures. Des déchirements de la jonction ligament-cément-dentine. des épaississements de la couche épithéliale superficielle, qui réagissait autour des zones de cisaillement des fils, ont été d'observation courante. Après repos, et suppression des fils tracteurs, sans qu'il soit question de reconquête ligamentaire, là où les dilacérations étaient trop intenses, la réparation s'est opérée, avec une tentative de ressertissure gingivo-dentaire, et un meilleur aspect de l'épithélium de recouvrement. Toutefois, bien des fibres restaient définitivement désinserrées.

Après l'arrêt des contraintes mécaniques, compte tenu que les modifications dominantes restaient propres au tissu de suspension ligamentaire, le mouvement fut topographiquement réversible. Dans les cas les plus longs, le retour aux positions d'origine n'a pas nécessité davantage que 7 jours et ceci quel qu'ait été le mouvement provoqué.

Ce fait peut être attribué à plusieurs causes :

1) L'absence de tout dispositif de contention.
2) La relative élasticité des tissus de soutien du ligament et des parties vasculaires.
3) L'Action directe des masses de fibres musculaires buccales qui viennent en contact avec les couronnes des dents (muscles oraux mentionnés dans la description anatomique).
4) Enfin: La Fonction. Car il est essentiel de considérer que nous sommes partis d'une position de fonction vers une position perturbée, et qu'en fait, et la pratique de l'Orthodontie nous le montre, un processus orthodontique justifié doit procéder à l'inverse, pour avoir quelque chance de se maintenir.

Quant à la portée pratique de notre travail, nous avons, tout au long de ces recherches, pensé que l'Exodontiste, l'Endodontiste, le Prothésiste ou le Parodontologiste pourrait être concerné. Nous serions très flatté de le voir puiser dans notre travail, la photographie, le procédé, ou la phrase qui pourrait lui paraître de quelque intérêt dans sa discipline.

Comme Orthodontiste, nous avons éprouvé une satisfaction: celle d'observer de la manière la plus directe, la réponse immédiate d'une unité dentaire, douée de très remarquables possibilités et placée face à des sollicitations mécaniques définies. Seule l'Anatomie Comparée permet d'effectuer, d'une telle manière, des observations analogues, elle peut offrir des documents d'une valeur essentielle au développement de notre connaissance odontologique.

Comme Orthodontiste, nous demeurons convaincu de l'importance fondamentale que revêt l'étude des conséquences tissulaires de nos interventions de pratique courante.

L'Acte orthodontique ne doit intervenir qu'après un ensemble de recherches cliniques complètes, permettant de poser un diagnostic précis. Il est indispensable de posséder une connaissance approfondie du territoire de nos interventions.

Une fois campé sur un diagnostic solide, les techniques orthodontiques entreront en jeu. Le mouvement dentaire est possible, et dans une très large mesure. Mais il n'est pas facile de l'obtenir, et de plus il n'est pas sans dangers.

C'est parce que les modifications tissulaires qui le conditionnent répondent bien à la nature et à l'intensité des contraintes appliquées, que le choix d'un dispositif d'action, implique deux notions fondamentales de qualité et de quantité.

De qualité, car une technique quelle qu'elle soit ne doit pas constituer un danger pour les tissus qu'elle concerne. Il lui faut par exemple, protéger l'attachement épithélial de la dent, permettre en outre une hygiène rigoureuse. Face aux fléaux dentaires de l'Homme moderne, les caries et les parodontopathies, il s'agit d'impératifs !

Dans la mesure où il devient possible de les mettre en pratique, les techniques Orthodontiques fixes, par leur précision, apportent les plus grandes satisfactions. Elles permettent de déterminer sans incertitude le sens et la direction des forces que nous sollicitons.

Nous ne prétendons pas qu'il n'existe qu'une technique, et qu'elle est la panacée, mais la *technique Edgewise*, reste après 40 ans, et grâce à ses perfectionnements, une technique des plus remarquables. Elle autorise une action dans chacune des trois dimensions. L'opérateur reste libre d'utiliser, selon l'opportunité, une partie du potentiel de ses dispositifs.

Ces montages seront plus volontiers utilisés sur des structures dentaires évoluées, disposant en tout cas d'une trame suffisamment résistante, afin de ne pas risquer de déformer les parties en cours d'édification. Il faudra concevoir des montages stables, et même avec un excès de stabilité. Cette stabilité sera conditionnée par la multiplication des ancrages, par la mise en œuvre d'étapes successives pour les mobilisations. Il faut intervenir selon un processus pré-établi, pour éviter aux tissus un va et vient qui serait pour le moins inutile, voire préjudiciable.

La technique choisie, il faut déterminer l'intensité des forces souhaitées.

C'est alors que la notion de quantité apparaît. A la notion de force doit se substituer la notion de contrainte. La légèreté (light force) ne devenant qu'un leurre si cette douceur apparente se voit décuplée par un dispositif intermédiaire. Cependant, afin de bénéficier de la douceur d'une force peu intense, il faut que cette force intervienne pendant une longue période de temps. Il est efficace de viser la force minimum, lorsque l'on parvient du même coup, à la constance de son action.

Pour oser une formule: le temps, c'est la quatrième dimension orthodontique.

Cela ne signifie en rien qu'un long traitement soit toujours le meilleur. Ainsi, paradoxalement, les traitements les plus courts appartiennent aux forces qui agissent le plus longtemps.

En définitive, c'est par la constance de son action, à l'inverse de la puissance immédiatement délivrée, en permettant la sauvegarde permanente des fonctions, qu'il nous paraît à l'heure actuelle, qu'un dispositif orthodontique, offre le plus de ressources, pour conduire la denture dans les rapports équilibrés qu'exigent la fonction, la prophylaxie et l'esthétique.

V *RESUME*

L'Orthodontie s'assigne un triple but: la Fonction, la Prophylaxie et l'Esthétique du système dentaire.

Elle trouve ses origines dans le passé historique le plus lointain de l'Humanité, mais c'est l'extraordinaire développement des connaissances et des techniques de notre temps, qui lui confère les bases nécessaires à son constant progrès.

Lorsque le système dentaire est édifié, sa disposition relève de conditions mécaniques. Aussi les techniques orthodontiques reprennent, toutes, à leur compte, les principes de mécanique, puisqu'elles impliquent l'action de forces au niveau des diverses structures parodontaires.

Pour l'Orthodontiste, il convient de pouvoir conduire ces forces thérapeutiques, donc de disposer de moyens d'action précis, afin que son intervention soit qualitativement et quantitativement déterminée.

Parmi les techniques orthodontiques de choix, la méthode Edgewise, conçue par E.H. Angle en 1924, et depuis sans cesse perfectionnée, mérite d'occuper une place de tout premier ordre.

Les pressions orthodontiques doivent être étudiées. Plusieurs méthodes s'offrent. Parmi elles, la Photoélasticité nous a permis de déterminer la répartition des contraintes principales tout au long d'un ligament dento-alvéolaire. Nous avons choisi comme territoire d'expérience l'Incisive supérieure du Rat.

Nous avons appliqué des forces s'exprimant dans les trois directions de l'espace.

Les observations de photoélasticité ont optiquement démontré l'existence de centres de rotations, ou zones d'appui (« fulcrum point »), l'existence de zones chargées et de zones neutres, exemptes de contraintes.

Afin de vérifier et de compléter ces observations « in vitro », il était nécessaire de procéder à l'expérimentation équivalente « in vivo ».

L'Incisive supérieure du Rat, terrain remarquable, rassemble une somme de connaissance et d'observations fort utiles, elle présente en outre un double avantage :

1) Par la dimension, cette pièce peut être observée dans son intégralité simultanément avec les structures tissulaires qui l'environnent.
2) Par la croissance continue de l'incisive, il est possible d'intervenir sur des tissus doués d'un très haut potentiel de croissance, et répartis, sur une même pièce, à divers stades de leur développement.

Onze Rats mâles, Wistar, sélectionnés, furent répartis en trois groupes:

a) Témoins neutres.
b) Sujets subissant des contraintes au niveau de l'incisive supérieure gauche et sacrifiés après une contrainte d'une durée de 48 heures.
c) Sujets identiques aux sujets précédents (série b), mais sacrifiés après une période de repos de 144 heures.

Cette expérimentation met en évidence la production de mouvements conformes aux prévisions établies sur maquettes. Ces mouvements obéissent aussi aux règles pratiques de la cinématique orthodontique. La phase traumatique

que nous observons pourrait être celle d'un traitement orthodontique appliquant brutalement, sur un organe dentaire intact et non préparé, des pressions importantes (200 g /cm^2).

Les observations peuvent se répartir en deux catégories:

1° *D'abord* une série d'images traumatiques liées surtout à des altérations, parfois irréversibles, du tissu de suspension. Le ligament joue le rôle d'un tissu disposé à absorber les contraintes appliquées, dans la limite de son élasticité. Au-delà il se rompt. De multiples hémorragies apparaissent. Les tissus de recouvrement sont eux aussi sévèrement lésés par les fils tracteurs. La rupture de l'attachement gingivo-dentaire constitue la preuve histologique des traumatismes causés par des ligatures sous-gingivales. Si le temps imparti à la période de contraintes expérimentales ne permettait pas d'observer de remaniement de l'os, il devait en être tout autrement pour les tissus proprement dentaires.

2° En introduisant la notion de la croissance dentaire, nous observons les perturbations apportées par un facteur mécanique situé hors des limites fonctionnelles, sur les processus de l'odontogenèse. L'existence de plicatures dentinaires, de lignes calciotraumatiques, de digitations dentinaires dysmorphiques au niveau de zones de contraintes, l'apparition de dentine ostéoïde, représente pour la dentine un bilan intéressant. L'observation de lignes de rupture dans la couche des adamantoblastes, et cependant la persistance d'une adamantogenèse, certaines modifications dans la coloration de l'émail, qui pourraient se superposer à l'existence de contraintes, tous ces faits constituent une série d'éléments nouveaux.

Si toute conclusion pratique ou théorique absolue, serait prématurée, ces faits nous orientent cependant:
en pratique orthodontique: à n'intervenir que par des actions douces et mesurées et surtout progressives. A ne le faire que sur des tissus ayant, sinon achevé complètement leur édification, du moins édifié un ensemble de structures résistantes, aptes à supporter sans dommages nos contraintes.

Une telle attitude thérapeutique, que l'on ne saurait confondre avec un attentisme orthodontique préjudiciable à nos patients, s'harmonise avec un grand nombre de considérations, plaidant en faveur de traitements orthodontiques volontairement retardés.

La connaissance pure trouvera aussi quelques éléments concernant les modalités d'une morphogenèse fonctionnelle de l'appareil dentaire. Notre technique permet, en effet, d'en poser les premiers jalons. Les quelques éléments déjà observés inciteront à de nouvelles recherches.

C'est en pénétrant intimement les processus les plus mystérieux de l'Adamantogenèse et de la Dentinogenèse, par exemple, que l'on parviendra à mieux savoir comment les dents édifient leurs plus intimes structures.

Sachant comment elles se construisent, nous parviendrons à savoir comment elles se détruisent, et peut-être aussi, pourquoi.

Il nous appartiendra alors d'y remédier, mieux encore qu'aujourd'hui.

•

SUMMARY

Orthodontics is primarily concerned with three aspects of dentistry : Function Prevention, and Dental Aesthetics.

Although it finds its origins in man's most ancient history, it is the amazing modern advance in knowledge and technique that has given it the scientific basis upon which continued progress must depend.

When the dento-alveolar structures are being formed, their ultimate positions are determined by mechanical principles. Hence all orthodontic technique merely puts the basic principles of mechanics to fresh use, since the imply the action of forces upon the teeth and their surrounding structures.

The orthodontist should be in a position to direct these forces, to have at his disposal precise means of applying them so that they shall be, qualitatively and quantitatively, of the order desired during his treatment.

The Edgewise Appliance, conceived in 1924 by E. H. Angle and continuously perfected ever since, stands foremost among orthodontic techniques.

Orthodontic pressures must be studied, and several methods of doing so are available. Of these, Photoelasticity has been the one that has enabled us to determine the distribution of the principal strains throughout the length of a dento-alveolar ligament. We chose the upper incisor of the rat for our experiments.

We applied forces that act in all three planes of space.

Photoelasticity has supplied us with optical data that demonstrate the existence of centres of rotation, or « fulcrum points », zones of stress and zones that are neutral, devoid of stress.

It was necessary, in order to verify and to complete these observations « in vitro », to follow up these experiments with equivalent ones « in vivo ».

The upper incisor of the rat is already the subject of a mass of useful data and knowledge ; in addition, it offers this double advantage :

1) in size : the tissues can be observed as a whole simultaneously with the surrounding structures.

2) In time : because of the continuous growth of the incisor, it is possible to influence tissues that are endowed with a very high growth potential, and that are distributed throughout the part being examined, at various stages of their development.

Eleven comparable male Wistar rats were divided into three groups.

a) Controls.

b) Animals subjected to stresses on the left upper incisor and which were sacrificed after these stresses had lasted for forty-eight hours.

c) Animals identical to the preceding ones (Series b) but sacrificed after a period of rest lasting 144 hours.

These experiments demonstrated movements conforming to predictions based on theoretical models. The movements were the ones that would have been expected in practice on the basis of normal orthodontic dynamics. Thus the traumatic stage that was observed could well have been equivalent to one due to applying sudden heavy pressures (200 g/cm^2) to a tooth.

The findings can be separated into two categories.

1. Those that demonstrate trauma, in particular degenerative changes in the suspensary tissues, which are sometimes irreversible. The periodontal ligament absorbed stresses applied to it within its own elastic limits, beyond which it broke. Multiple haemorrhages appeared. The investing tissues were themselves also severely damaged by the stretched fibres. The rupture of the gingivo-dental attachment was histological evidence of the trauma caused by on sub-gingival fibres by the use of ligatures directly in contact with the tooth. If the duration of the experimental stress was insufficient to show remodelling of bone, that was not so as far as the purely dental tissues were concerned.

2. Those that demonstrate disturbances in the odontogenetic process produced by mechanical factors outside functional limits. The existence of folds in the dentinal tissues of calcio-traumatic lines, of abnormal proliferations of the dentinal tubules in the zones of stress, the appearance of osteoid dentine, all these make an impressive list for dentine alone. The observation of lines of rupture in the ameloblast layer, without interruption of amelogenisis however, certain changes in the colour of the enamel that correspond to the sites of stress, all these facts form a series of new factors.

While it would be premature to come to any definite conclusions, be they practical or theoretical, these facts do nonetheless influence us in the following manner :

In Clinical Orthodontics : to use only measured light, forces and above all progressive ones, and then only, upon tissues that have either completed their formation or at least have reached a stage of structural development strong enough to withstand our orthodontic forces without damage.

Such an attitude to therapeutics, one that is never likely to result in orthodontic interventions that are harmful to our patients, is in harmony with a great many other considerations that plead for a deliberate deferment of treatment.

Pure Science : may also discover some facts concerning the method by which functional morphogenesis of the dental apparatus takes place. Indeed this technique allows one to begin to map out the route that must be followed, and the data that has been established will point the way to new research projects.

For example, one will eventually arrive at a deeper knowledge of how the teeth develop their fundamental structures, by achieving a thorough understanding of the more mysterious processes of amelogenesis and dentinogenesis.

Knowing how they are formed, we shall come to understand how they degenerate and perhaps also why.

Then it will be up to us to take the appropriate remedies, to do better still than we know how to do to-day.

BIBLIOGRAPHIE

— A —

ADAMS (C. P.) 1960. — Orthodontic doctrine and mechanical treatment méthod. *A. J. O., 46,* 811-828.

ALBERT (D. L.), 1959. — Preparation of calcified tissues sections embebbed in tropical grade ester wax. *J. D. R. , 38,* 1217-1218, (résume).

ANDERSON (D. J.) et RONNINGS (G. A.). — Measurements of tooth movement during normal eruption and during orthodontic treatment. *J. D. R., 42* (5), 1113-1114.

ANGELLE (Ph.), 1962. — Le Phosphore et ses composés dans les caries dentaires expérimentales. Thèse Univ. Zurich, p. 28.

APPLEBAUM (E.) et LEVY (H. P.). — Changes in the mandibular condyles of mice following the use of orthodontic bite plates. *A. J. O., 40,* 775-782.

— B —

BACCIONI (R.) et GIANNI (E.), 1958. — La structure de l'A.T.M. au Microscope électronique et ses modifications sous l'action des moyens gnatho-orthopédiques. *L'orthodontie française, 29,* 403-410.

BARIL (C.) et MOYERS (R. E.), 1960. — Electromyographic analysis of the temporalis muscles and certain facial muscles in thumb and fingers sucking patients. *J. D. R., 39,* 536-553.

BAUME (L. J.) et coll., 1959. — Growth and transformation of the temporo-mandibular joint in an orthopedically treated case of Pierre Robin syndrome. A Histologic Study. *A. J. O. 45,* 901-916.

BAUME (L. J.), 1960. — Experimental biology in Orthodontics. *D. A., 5,* 487-488.

BAYNE (D. I.), 1960. — Preliminary study of changes in the lower arch subsequent to cervical force treatment in the maxillary arch. *A. J. O., 46,* 386.

BEAUREGARD (A.), 1937. — Contribution au traitement mécanique des endognathies. *L'Orthodontie française, 14,* 229.

BEAUREGARD (A.), 1946. — Notes pratiques pour la construction et l'emploi des appareils orthodontiques. *L'Orthodontie française, 17,* 149-150.

BEAUREGARD, GIRBON et LISKENNE, 1936. — Contribution à l'étude des malpositions dentaires. La Trilogie Mécanique orthodontique : Statique, Dynamique, Cinématique (Terminologie). *L'orthodontie française, 13,* 265-285.

BEGG (P. R.), 1956. — Différential force in Orthodontic treatment. *A. J. O., 42,* 481-510.

BEGG (P. R.), 1961. — Light arch wire technique employing the principle of differential force. *A. J. O., 47,* 30-48.

BELLI (P. L.), KAHL (G.) et MANCINI (A.), 1960. — Tomografia. Su utilidad en Orthodoncia. *Orthodoncia, 24* (48), 65-68.

BERGE (H.), 1956. — Etude de la Tomographie en O.D.F. *L'Orthodontie française,* 27, 493-499.

BIEN (S. M.), 1957. — Forces which move teeth. *Int. Dent. Journ., 7,* 502-504.

BIEN (S. M.), 1957. — Resolution of forces which move teeth. *I.A.D.R., 35,* 13-14 (résumé).

BIEN (S. M.), 1957. — Analysis of the component of forces used to move teeth. *Eur. Orthod. Soc. Transactions. 33,* 70-78.

BJORK (H.), 1960. — Electromyographic analysis of the temporal and masseter muscles during function of the different orthodontic appliances. *A. J. O., 46,* 709.

BLAU (F.), 1959. — La Méthode fonctionnelle en O.D.F., Ed. J. Prelat, Paris.

BLOCK (A. J.), 1954. — Analysis of midline and off-center extraoral force. *Angle Orthodontist, 24,* 1-7.

BONVALET (M.), 1956. — Application de la Photoélasticimétrie à l'extensométrie statique et dynamique. Thèse de Physique. Bibliothèque de la Sorbonne, 6-151, 33.

BORDET (R.), VERETNIKOFF (S.), COULON (J.), et COUDERT (S.), 1961. — Bases techniques de la radiologie dentaire. *Rec. Med. Vet. Alfort, 137,* (7), 523-528.

BOURSELET (S.), 1960. — Améliorations et possibilités nouvelles en O.D.F. par le Logetron. *L'Orthodontie française, 31,* 265-268.

BOUYSSOU (M.), 1947. — Le mythe de l'ingression dentaire par surélévation locale de l'articulé, (notes sur un cas clinique). *L'Orthodontie française, 18,* 231-236.

BRABANT, KLEES et PHILIPPART, 1953. — Précis d'Histopathologie de l'organe dentaire. Masson éd. Paris.

BRANCA (A.) et VERNE (J.), 1934. — Précis d'Histologie. Masson et C^{ie} éd. Paris.

BROCK (W. C.), 1960. — Principle of coil spring action applied to cervical strap therapy. *A. J. O., 46,* 43-45.

BRODIE (A. G.), 1951-1956. — Research in the department of Orthodontics, Graduate College, University of Illinois. *Angle Orthodontist, 27,* 196-216.
BURSTONE (C. J.), et Coll., 1961. — Application of continuons forces to Orthodontics. *Angle Orthodontist, 31,* 3-4.
BURSTONE (C. J.) et GROVES Jr (M. H.). 1960. — Threshold and optimum force values for maxillary anterior tooth movement. *J. D. R., 39,* 695.
BURSTONE et SCHAFER, 1959. — Sutural expansion by controlled mechanical stress in the Rat. *J. D. R., 38,* 534-540.

— C —

CASTANO et CHATEAU, 1960. — Nouvelle Technique de téléradiographie cranio-faciale de profil. *A. O. S., 49,* 45-47.
CAUHEPE (J.), 1947. — Les phénomènes biologiques en orthodontie. *L'Orthodontie française, 18,* 155-175.
CAUHEPE (J.), 1948. — Indépendance des dents et des maxillaires. *L'Orthodontie française, 19,* 36.
CAUHEPE et NETTER, 1956. — Orientation nouvelle de l'Orthopédie dento-faciale. Cotation de la force musculaire et rééducation. *Rev. Stomat., 57,* 271-290.
CHAPMAN (H.), 1922. — Rotation des dents sans bagues. *L'Orthodontie française, 1,* 61-62 (repris du British Dental Journ.)
CHARLIER (M.), 1936. — Confection rationnelle des bagues d'Orthodontie. *L'Orthodontie française, 13,* 353-357.
CHARLIER (M.), 1937. — La version coronaire des dents d'ancrage, au cours du traitement orthodontique. Technique préconisée pour en éviter les inconvénients. *L'Orthodontie française, 14,* 327-335.
CHATEAU (M), 1964. — Précis d'Orthodontie. Masson et C° et Prelat éd.
CHATEAU (M.), 1951. — Etude critique de travaux scientifiques sur la croissance faciale. *L'Orthodontie française, 22,* 309-314.
CHATEAU (M.), 1956. — De la possibilité de modifier les bases osseuses. *L'Orthodontie française, 27,* 257-265.
CHATEAU (M.) et DEMOGE (P.), 1961. — Evaluation of long term results of orthodontic therapy. *Int. Dent. Journ. 11* (1), 29-43.
CHEVANCE (L. G.), 1963. — Etude comparative de la décalcification des structures osseuses de la capsule otique et des osselets à l'aide de solutions acides usuelles et d'un chélateur : l'E.D.T.A. *Annales d'Histo-chimie, 8,* 443-452.
COLICO (G.), 1958. — Les modifications de l'A.T.M. du *Macacus rhésus* sous l'action d'appareillages fixes. *L'Orthodontie française, 29,* 401-402.
COMTE (E.), 1932. — Contribution à l'étude des résorptions apicales dans les traitements orthodontiques. *L'Orthodontie française, 9,* 73-79.
COMTE (E.), 1947. — De la permanence des résultats des traitements orthodontiques. *L'Orthodontie française, 18,* 73-82.
CONANT (J. R.), 1962. — Sound transmission used for studying masticatory force distribution pattern. *J. Periodontology, 33,* 322-327.
CORSET (J.), 1960. — Atlas d'Histologie, Feuillet Tissus osseux et cartilages, Boubée éd., Paris.
COSTER (L. DE), 1949. — Observations sur les mouvements des dents. *L'Orthodontie française, 20,* 310-333.
COURVOISIER (S. R.), CUCROT (R.), FOURNEL (I.) et JULOU (L.) — Propriétés pharmacodynamiques générales de la lévopromazine (7.044 R.P.). C. R. séances Soc. Biol., 13 juillet 1957, 1378.
COUSIN (R. P. et MILCENT (G.), 1960. — Articulation temporo-mandibulaire et dysmorphose. *L'Orthodontie française, 31,* 9-128.
CULLEN (R. L.), 1955. — Variation of mandibular bone development in the Rat résulting from the excision of the anterior bellies of the digastric muscles. *A. J. O., 41,* 643-644.
CURBY (W. A.), 1955. — Dental application of a wew transducer system for measurement of pressure variation *in situ. J. D. R.,* 34, 681.

— D —

DAIX (J.), 1964. — Les modifications tissulaires dento-alvéolaires à la suite de traitements orthodontiques.*L'Orthodontie française, 35 (2),* 247-260.
DALMASS (A. G.), 1960. — Study of the orthodontic type of tooth movement in normal, hypothyroïd, and hypertryroïd Rats. *A. J. O., 46,* 627.
DAUGARD-JENSEN (I.), 1964. — Céphalométrie en Clinique Pratique. *L'Orthodontie française, 35,* 571-591.

DEBBANE (E. F.), 1958. — A cephalometric and histologic study of the effect of orthodontic expansion of the mid palatal suture of the Cat. *A. J. O., 44,* 181-219.
DECELLE (V.), 1959. — La thérapeutique et ses dangers. *L'Orthodontie française, 30,* 283-293.
DECELLE (V.), 1964. — De quelques causes provoquant des lésions dento-maxillo-faciales. *R.F.O.S., 10,* 1447-1467.
DEMOGE (P. H.), 1963. — L'Orthodontiste et la statistique. *L'Orthodontie française, 34,* 303-316.
DENEVREZE (B.), 1927. — De l'évolution des méthodes en Orthodontie. *L'Orthodontie française, 5,* 15-21.
DIENSTEIN (B.), 1956. — Tooth development and eruption. A biometric study of the histologic relationship of the root of the mandibular first molar of the Rat in growth and eruption to the lower border of the mandible. *J. D. R., 35,* 479-490.
DONALDSON (H. H.), 1927. — On the growth of the molar teeth after eruption in the albino Rat and in the Cat. *J. D. R., XIII.*
DRENKER (E.W.), 1956. — Forces and torques associated with second order bends. *A. J. O., 42,* 766-773.
DREYFUS (S.), 1922. — Le diagnostic en orthodontie. *L'Orthodontie française, 1,* 35-60.
DREYER (C. J.), 1960. — Transmission of force to bone. *J. D. A. South Africa, 15,* 208-211.
DUBECQ (X. J.) et FORNARO (J. C.), 1964 et 1965. — Les facteurs anatomiques et physiologiques de l'O.D.F. fonctionnelle. *R.F.O.S.,* 22 (1), 340.
DUBREUIL (G), BAUDRIMONT (A.), 1959. — Manuel théorique et pratique d'Histologie. Vigot Fr. édit., 5ème éd., 115-144, 290, 292, 287, 294.
DUCHATEAUX (C.), 1963. — Variétés et association des techniques dans la pratique orthodontique. *L'Orthodontie française, 34,* 189-192.
DUYZINGS, 1947. — L'Orthodontie, science biologique, médicale et odontologique. *L'Orthodontie française, 18,* 59-71.
DUYZINGS, 1949. — L'application de spiraux. *L'Orthodontie française 20,* 410-416, 17 Pl.

— E —

ERICSSON (C. J.), 1964. — Les actions diverses de l'arc léger. *L'Orthodontie française, 35* (2), 115-118.

— F —

FRANKLIN (J. B.), 1954. — The effect of high kilovoltage on hard and soft tissue definition in lateral cephalometric rœntgenograms. *A. J. O., 40,* (11), 837-849.
FRANKLIN (J. B.), 1957. — Radiographic phenomena in Rœntgenography. *Angle Orthodontist, XXVII* (3), 162-170.
FRANKLIN (J. B.), 1962. — The effect of aluminium filter disks in rœntgenographic cephalometry. *Angle Orthodontist, 4,* 253-269.
FREESE (A. S.) et SCHEMAN (P.), 1962. — Management of temporo-mandibular joint problems. The C. V. Mosby C° ed., St-Louis.
FREY, 1928. — Os et dents. Calcification et décalcification. *Rev. de Stomatol.,* XXXème année, 1-25.
FURSTMAN (L.), 1963. — Le développement précoce de l'A.T.M. chez l'Homme. Thèse Univ. Californie, Beverley Hills.

— G

GASPART (M.), 1965. — L'os spongieux mandibulaire chez quelques mammifères. Information dentaire du 8/VII, feuillets jaunes. G.I.R.S., Liège 2/IV/1965, 105-176.
GEOFFRION (P.), 1956. — Twin wire arch. La méthode de Johnson. Prelat éd., Paris.
GIANNI (E.), 1958. — Ultrastructure du ménisque du cartilage et de l'os condylien. *L'Orthodontie française, 29,* 407-410.
GILLINGS (B.), 1959. — Apparatus for cutting thin serial sections of undecalcified teeth. *J. D. R., 38,* 702.
GILLINGS (B.) et COLL., 1959. — Air pressure device for thickness measurement of undecalcified tissue sections. *J. D. R., 38,* 1148-1155.
GILLINGS (B.) et BUNOCORE (M.) 1959. — Apparatus for preparation of thin serial sections of undecalcified tissues. *J. D. R., 38,* 1156-1165.
GRACE (S.), 1964. — Traitement de la classe II par extractions et utilisation de la Bull technique avec appareil d'Edgewise. *L'Orthodontie française, 35,* 473-480.

GRASSÉ (P. P.), 1955. — Caractères généraux des Rongeurs. Masson éd., Paris, *XVII* (fasc. 2), 1345, 1526, 1532.
GRAY (H. S.), 1964. — A method to section and measure the molar teeth of Rats for examination of morphological changes. *J. D. R., 43*, 984.
GRAY (J. K.) et OPDYKE (D. L.), 1960. — Device for thin sectionning of hard tissues. *J. D. R., 39*, 698.
GREENE (E C.), 1959. — Anatomy of Rat. Philadelphia, N. Y, Hafner Pub. C°, *XXVII*, 12, 14, 18, 19, 63, 64, 66, 93, 117, 118.
GUINIER (A.), ROUAULT (M.) et SCHWETZOF (V.), 1962-1963. — Cours et T. P. Certificat d'Etudes Supérieures d'Electricité, *I*, 1er sem., p. 5 et 10.
GUDIN (R. G.), 1959. — La réduction des prognathies mandibulaires. Conceptions doctrinales (Entretiens, tables cliniques). *L'Orthodontie française, 30*, 321 322.
GUGNY (G.), 1962. — Le syndrôme de Rix. *A. O. S., 57*, 99 107.
GUICHARD (G.), 1946. — Laps de temps à observer entre chaque activation des appareils (Cas clinique). *L'Orthodontie française, 17*, 82-89.
HALDEN (J. R.), 1957. — Report on the Edgewise appliance. *The Dental Practitioner, 3*, 86-94, 10 fig.

— H —

HALDEN (J. R.), 1964. — Les avulsions en Orthodontie. *L'Orthodontie française, 35*, 53-94.
HAM (A. W. et LEESON (T. S.), 1961. — Histology, 4ème éd., Pitman Medical Pub. C°, Londres, J. B. Lipincott C°, Philadelphie 587, 600, 603, 658.
HELD (A. J.), 1947. — Structure microscopique de l'organe dentaire. Masson éd. Paris et Roth et C°, Lausanne, Bibliothèque E.O.P.
HELD (A. J.) et CHAPUT (A.), 1959. — Les parodontolyses. Prélat éd., Paris, p. 151 et suiv.
HEYBERGER (A.), 1957. — L'enregistrement électromyographique dans l'établissement du diagnostic pathogénique. *L'Orthodontie française, 28*, 313-318.
HEYMANS (P.), 1937, — La photoélasticimétrie. Principes, méthodes, applications. Labor. de Photo-Elasticimétrie. Univ. of London, 99-214, 12 Pl. hors texte. Bibliothèque de la Sorbonne.
HIRSCHFELD (L.), 1960. — Minor tooth movement in general practice. C. V. Mosby C°, St-Louis, 129-134, 135-136, 322-325.
HOFFER (O.), 1948. — Moyens de construction et mécanismes d'action des plaques actives. *L'Orthodontie française 19*, 230.
HOFFER (O.), 1958. — Modification de l'A.T.M. sous l'action de moyens orthopédiques. *L'Orthodontie française, 29*, 97-146.
HOROWITZ (S. L.) et SHAPIRO (H.), 1954. — Alveolar bone changes following the alteration of masticatory function in the Rat. *Journ. of Periodont., 25*, 65-66.
HUETTNER (R. J.), 1960. — Experimental histologic study of the effects of orthodontic movement on the gingiva and periodontal membrane in the Macaca Rhesus Monkey (preliminary report). *A. J. O., 46*, 929.
HUETNER (R. J.) et WHITMAN (C. L.). — Tissue changes occuring in the Macacus Rhesus Monkey during orthodontic movement. *A. J. O., 44*, 328-345.
HUREAU (G), 1963. — Recherches histologiques sur la croissance des maxillaires. *L'Orthodontie française.* Table clinique, 34, 267.
HUREAU (G.), 1963. — Contribution histologique à l'étude des récidives de traitement orthodontique. *L'Orthodontie française, 34*, 381 et 382.
HUREAU (G.), 1964. — Contribution histologique expérimentale à l'étude de la croissance en hauteur des procès alvéolaires. *L'Orthodontie française, 35*, 219-230.

I —

ISAACSON (R. J.), WOOD (J. L.) et INGRAM (A. H.), 1964. — Forces produced by rapid maxillary expansion : I. Design of the force measuring system. II. Forces present during treatment. *Angle Orthodontist, XXXIV* (4), 256-259.
IYER (V. S.), 1962. — Reaction of gingiva orthodontic force, a clinical study. *Journ. Periodont., 33*, 26-28.
IZARD (G.), 1922. — Choix d'un plan horizontal d'orientation en orthodontie. *L'Orthodontie*
IZARD (G.), 1950. — Précis d'Orthodontie. Masson éd., Paris

— J —

JACOMIN DE VIGNY ( ), 1955. — Contribution à la stabilisation et aux moyens d'ancrage des appareils amovibles. *L'Orthodontie française, 26*, 653 et 659.

JESSOP (H. T.) et HARRIS (F. C.), 1952. — La Photoélasticité. Principes et méthodes. Dunod éd., Paris.
JOHNSTON (P. B.), 1960. — Tissue response to tooth movement in normal and rachitic Rats. *A.J.O., 46,* 426-427.
JOYON (L.), 1959. — Contribution à l'étude de la formation de l'émail chez la souris. *C.R. Ac. Sc. Paris, 248,* (6), 848-851.
JUDET (R.), 1960. — Les bases générales de l'Orthopédie. *L'Orthodontie française, 31,* XXXIV. à XXXVII.
JOULOU (L.), DUCROT (R.), FOURNEL (J.), LEAU (O.), BARDONNE (M. C.) et MYON (J.), 1961. — Etude des propriétés pharmacologiques de la cyano-3-10-phenolthiazine ou cyamepropazine (7.204 R. P.) C. R. séances Soc. Biol., *CLV* (5), 1029.

— K —

KARREN (K. O.) et INGLE (J.I.), 196. — A statistical analysis of the effects of natural and artifical stress on the periodotium of Rats. *J.D.R., 43,* 793.
KEREBEL (B.), 1955. — Histologie de la dentine. Thèse d'Université. Bibliothèque de la Sorbonne.
KEREBEL (B.), 1964. — Histologie. *E.M.C.,* 22 007 A10.
KEREBEL (B.), 1964. — Sur l'innervation du parodonte du rat albinos. *R.F.O.S., 8,* 1249-1255.
KEREBEL (B.), 1964. — Organisation de l'innervation dentaire et péridentaire à la naissance. *Revue belge de médecine dentaire, 2,* 169-190.
KOLLAR (J. A.). — Orthodontics in periodontics. *Journ. Periodont., 23,* 64-65.
KORKHAUS (G.), 1936. — L'utilisation des téléradiographies dans le diagnostic des malformations dento-faciales. *L'Orthodontie française, 13,* 131-150.
KORKHAUS (G.), 1950. — De l'utilisation des forces naturelles dans les traitements d'O.D.F. *L'Orthodontie française,* 21, 272-277.
KORKHAUS (G.) et MULLER (G.), 1964. — La sous-production de la lame dentaire et le développement des maxillaires et du crâne. *L'Orthodontie française, 35,* 557-558.
KREBS (A.), 19 . — * Expansion of the mid palatal suture studied by means of metallic implants. *Biol. Abstracts, 36,* 608-7125.

— L —

LAMONS (F.), 1964. — The Crozat removable appliance. *A.J.O., 50* (4), 265.
LANDART (H.), 1950, — Quelques résultats et observations obtenus par différents appareils dans le traitement des mésio-position molaires. *L'Orthodontie française 21,* 229.
LAUTERSTEIN (A. M. et PRUZANSKY (S.) — A rœntgencephalometric study of the inflated labial vestibule. *Angle orthodontist, XXXIV,* 314-325.
LERICHE (R.) et POLICARD (A.), 1926. — Les problèmes de la physiologie normale et pathologique de l'os. Masson et C° éd., Paris, 20-29, 34-47, 54-65, 80-89, 91-100, 212.
LEROI-GOURHAN (A.), 1955. — Les tracés d'équilibre mécanique du crâne des vertébrés terrestres. Thèse de Sciences naturelles, Paris. Deux volumes dont un de planches.
LISON (L.), 1954. — Collection du Traité de Zoologie (sous la direction de GRASSÉ (P. P.), Masson éd., Paris, 791-853.

— M —

MACAPANPAN (L. C.), 1953. — Early changes following tooth movement in Rats. *A. J. O., 39,* 956-957.
MACAPANPAN (L. C.), 1954. — Early tissues changes following tooth movement in Rats. *Angle Orthodontist, 24,* 79-95.
MACAPANPAN (L. C.) et COLL., 1954. — Mitotic activity of fibrolasts after damage in the periodontal membrane of Rats molars. *Journ. Periodont., 25,* 110-112.
MAC CANLIES et COLL., 1961. — Effects of vit. C on the mobility and stability of guinea pigs incisors under the influence of the orthodontic force *Angle Orthodontist, 31,* 257-263.
MARMASSE (A.), 1953. — Dentisterie opératoire. Baillère et fils éd. Paris. *I* et *II,* 26, 27, 71, 94, 162, 173-180, 311, 319, 207-209, 252-254, 337-341, 341-350.
MARMASSE (A.), 1959. — Art dentaire et chélation. *A. O. S., 47,* 291-294.
MARSEILLIER (E.), 1947. — Les dents humaines. Morphologie. Gauthier-Villars éd., Paris.
MARTHALER (H W.), 1958 — L'arc rond 0,5 et technique de Johnson. *L'Orthodontie française, 29,* 499-501.

MASSLER (M.), 1954. — Changes in the lamina dura during tooth movements. *A. J. O., 40,* 364-372.
MERLE BERAL (J.), 1959. — Les ressorts amortis dans le réglage des appareils orthodontiques. *L'Orthodontie française, 30,* 303-305.
MERLE BERAL (J.) et NAVES (R.), 1962. — Contribution à l'études et au traitement des rétentions d'incisives. *L'Orthodontie française, 33* 327-340.
MONMIGNAULT (C.), 1963. — Etude d'une anomalie de l'émail des dents jugales chez les rongeurs nouveaux-nés. *Mammalia, 27,* 218-237.
MONTEIL (M.), 1959. — Mise en place d'incisives et canines incluses par appareils amovibles. *L'Orthodontie française, 30,* 121-175.
MOORES (C. F. A.) et YEN (P. K.), 1955. — Analysis of changes in the dento-facial skeleton following orthodontic treatment. *A. J. O., 41,* 526-538.
MOSS (M. L.) et APPLEBAUM (E.), 1955. — Différential growth analysis of Vertebrate teeth. *J. D. R., 36,* 644-651.
MUGNIER (A.), 1964. — Embryologie et développement buccofacial. Prélat éd., Paris.
MUHLEMANN (H. R.), 1960. — Ten years of tooth mobility measurements. *Journ. Periodont., 31,* 110-122.
MULLER (L.), 1954. — La pratique de la téléradiographie en orthodontie. Edition de la Société des Publications Médicales et Dentaires, Paris, 16, rue Vignon (9e).
MULLER (L.) 1962. — Céphalométrie et Orthodontie. *Edition de la Sté publications médicales et dentaires, Paris.*
MULLER (L. et H.) 1963. — Données récentes sur les forces orthodontiques. Conséquences pratiques. *L'Orthodontie française, 34,* 332-360.
MULLER (L.), 1965. — Emploi des forces légères en orthodontie. *E. M. C.,* 23486 C 10.
MUZJ (E.), 1949. — Des énergies d'où la thérapie fonctionnelle tire avantage. *L'Orthodontie française, 20,* 231-253.
MYERS (H. T.) et WYATT (W. P.), 1961. — Some histopathologic changes in the Hamster as the result of a continuouly acting orthodontic appliance. *J. D. R., 40,* 846-856.

— N —

NAVARRO (J.), 1962. — Les concepts philosophiques en O.D.F. à l'épreuve de la classification. *L'Orthodontie française, 33,* 269-273.
NIKIFORUK (G. H.), 1953. — Demineralization of Bone and Teeth by organic chelating agents at neutral pH. *J. D. R., 32,* 672.

— O —

O'BRIEN (C.), BHASKHAR (S. N.) et BRODIE (A. G.), 1958. — Eruptive mechanism and movement in the first molar of the Rat. *J D. R., 37,* (3, 467-484.
O'MEYER (R. X.), 1948. — Essai cinématographique des perturbations osseuses au cours du déplacement mécanique des dents sur une arcade. *L'Orthodontie française, 19,* 71.
O'MEYER (R. X.), 1954. — Valeur de la croissance relative en hauteur des procès alvéolaires chez l'Homme. Thèse. Maloine éd., Paris.
O'MEYER (R. X.), 1956. — Phénomène d'O'Meyer. *L'Orthodontie française, 27,* 431-452.
O'MEYER (R. X.), 1958. — Traitement tardif sur un adulte avec la technique de l'edgewise arch. (Film), (Compte-rendu). *L'Orthodontie française, 29,* 511.
O'MEYER (R. X.), 1959. — Technique du long cône. *P. O. S.,* 1194.
O'MEYER (R. X.) 1960. — Indications thérapeutiques de l'avulsion des premières prémolaires (et débats) *L'Orthodontie française, 31,* 131-240.
O'MEYER (R. X.) et COLL., 1958. — Etude des mouvements dentaires et osseux au cours de la correction molaire des classes II à l'aide d'une force extraorale. *L'Orthodontie française.* Congrès de Milan, *29,* 257-302.
O'MEYER et HUREAU (G.), 1957. — Traction cervicale et appui dentaire. *L'Orthodontie française, 28,* 307-311.
ORBAN (B.), 1928. — Resorption and repair on surface of the root. *Amer. Dent. Ass. Journ., 15,* 1768.
ORBAN (B.), 1957. — Oral histology and embryology. The C. V. Mosby C° ed., St-Louis, 37-54, 54-161, 184-203.
ORSINI Mlle, 1955. — Dispositifs pour la mobilisation des dents. *L'Orthodontie française, 26,* 663-665.
OSTBY (N. H.) et MORCH (T.), 1958 * — A method for experimental *in vivo*, decalcification of dental enamel. *Biol. Abstr., 32,* 3122 373 96.
OVAZZA (G.), CHIKHANI (P.) et CAUHÉPÉ (J.), 1960. — Action des muscles sur les procès alvéolaires: 1° Equilibre musculaire de repos. 2° Equilibre musculaire de fonction. 3° Conséquences morphologiques. *L'Orthodontie française, 31,* 333-344.

— P —

PARFITT (G. J.), 1960. — Measurement of the biological mobility of individual teeth in an axial direction. *J. D. R., 39* (3), 608-618.
PARFITT (G. J.), 1959. — Measurement of intrusion of the upper incisors teeth with forces below 1000 gr. *J. D. R., 38,* 661 (résumé).
PARKER (W. S.), 1960. — Mechanical principles and orthodontic appliances. *Angle Orthodontist, 30,* 241-247.
PARKER (W. S.), FRISE (H. E.) et GRANT (T. S.), 1964. — The experimental production of dental ankylosis. *Angle Orthodontist, XXXIV* (2), 103-107.
PERRY (S. L. et HARRIS (S. C.), 1954. — Role of the neuromuscular system in fuctional activity of the mandible. *Amer. Dent. Ass. Journ., 48,* 665-673.
PHILIPPOT (J), 1962. — Rotateur individuel immédiat. *L'Orthodontie française, 33,* 343-353.
PICTON (D. C. A.), 1962. — Distorsion of the jaws during biting. *Arck oral, biol., 7,* 573-580.
PLACKOWA (A.), 1960. — A study on decalcification of teeth by EDTA. *Biol. Abstr., 35* 1250.
POURTOIS (M.), 1964. — Comportement en culture *in vitro* des ébauches dentaires de rongeurs, prélevées au stade de la pré-différenciation. *Journ. Embryol. and experiment. morphol., XII* (3), 391.
PRENANT (A.), 1924. — Contribution à l'histogenèse de l'émail dentaire. *Arch. Morphol. Gen. et Expérim.,* Fasc. 19, 1-60.
PRIESTER (E. S.), 1960. — Use of photography for photoelastic stress analysis on masticatory pressure exerted on restorations. *Dent. Abstr., 5,* 239.
PROBST (O. S.), 1958. — Study of the effects of orthodontic procedures on tooth mobility. *A. J. O., 44,* 390-391.
PRUVOST (R.), 1961. — Le diagnostic et le traitement des infragnathies. C. R. *L'Orthodontie française,* 32.
PRUZANSKY (S.), 1958. — Quantitative electro analysis of mastication. *A. J. O., 44,* 307 (résumé).

— Q —

QUINTERO (J. T.), 1938. — La stabilisation des appareils orthodontiques à arcs métalliques. *L'Orthodontie française, 10,* 9-31.

— R —

RAQUET (G.) et MARTIN-LACOMBE (M.), 1965. — Principaux points anthropométriques utilisés en O.D.F. *L'Orthodontie française.* Rapport du Congrès annuel, Marseille. Non encore publié.
RAUCH (E. D.), 1959. — Torque and its application to Orthodontics. *A. J. O., 45,* 817-830.
REHAK (R.), 1936. — Les modifications tissulaires au cours des traitements orthodontiques (constatés par des radiographies). *L'Orthodontie française, 13,* 161-180.
REITAN (K.), 1951. — Tissue reaction as related to the functionnal factor. E.O.S., (Congrès).
REITAN (K.), 1954. — Tissue reaction as related to the age factor. *Dental record, 74,* 271-278.
REITAN (K.), 1956. — Orthodontic methods based on tissue reaction. *Dent. Abstr., 1,* 374-375.
REITAN (K.), 1956. — Selecting forces in orthodontics. *European Orthodont. Soc. Trans., 32,* 108-126.
REITAN (K.) 1959. — Tissue rearangement during retention of orthodontically rotated teeth., *Angle orthodontist., 29,* 105-113.
REITAN (K.), 1960. — Tissue behaviour during orthodontic tooth movement. *A. J. O., 46,* 881-900.
REITAN (K.), 1962. — Behaviour of Mallassez epithelial rests during orthodontic tooth movement. *A. J. O., 48,* 934-938 (résumé).
REITAN (K.), 1964. — Effets of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle orthodontist, 34,* (4), 245-254.
REITH (E. J.) et COTTY (V. F.), 1962. * Auto-radiographics studies on calcification of enamel. *Biol. Abstr.,* 183 89.
RICKETTS (R. M.), 1960. — Influence of orthodontic treatment on facial growth and development. *Angle orthodontist, 30,* 103-131.
RICKETTS (R. M.), 1955. — Facial and denture changes during orthodontic treatment as analyzed from the temporo mandibular joint. *A. J. O., 41,* 163-179.
ROTHBLATT (J. M.), 1955. — Some theorical and practical aspects of orthodontic tooth movements. *Alpha Omegan,* 49, 106-110.
ROUSSEAU (P. L.), 1954. — La notion du tissu osseux en Orthodontie. *L'Orthodontie française, 25,* 383-386.
RUBIN (P. L.) et BIDERMANN (W.), 1961. — Attempt to produce tooth ankylosis. *Journ. Dent. Research, 40,* 744.

— S —

SALZMAN (J. A.), 1953. — Area of tolerance in orthodontic tooth movement. *A. J. O., 39*, 468-469.
SCHWALB (R. A.) et Rechter (A.), 1950. — Application of the photoelastic method of stress analysis to orthodontic tooth movement in bone. *A. J. O., 36* (3), 192-197.
SCHWARZ (M. A.), 1957. — Telerœntgenography in orthodontics. *Dent. Abstr., 2*, 583-584.
SEILER (A. L.), 1956. — Mesure de la force des muscles de la bouche en rapport avec les différents types d'occlusion. *L'Orthodontie française, 27*, 267-270.
SELTZER (S.) et COLL., 1961. — Histologic changing in dental pulps of dogs and monkeys following application of pressure drugs and microorganisms on prepared cavities. *Oral Med., Oral Surg, and Oral Path., 14*, 327-346.
SIMONS (N. B. B.), 1958. — * The effects of fixation on amelobiasts layer of the enamel organ in the rat. *Biol. Abstr., 32*, 746, 8724.
SKINAZI (G.), 1962. — Etalonnages pour l'appréciation des forces en ODF. *L'Orthodontie française, 33*, 469-478.
SKINAZI (G.), 1965. — Quelques notes à propos des modalités de l'examen de pièces anatomiques à structures calcifiées. *R.F.O.S., 2*, 223-228.
SKINNER (E. W.) et KEMLER (E. A.), 1956. — Effect of low temperature heat treatment on the physical properties of orthodontic wire. *Intern. Ass. for dent. Research*, 34, 89-90 (résumé).
SLOAN (R. F.), 1964. — Application de la céphalométrie à la cinéfluorographie. *L'Orthodontie française, 35*, 607-620.
SOLEIL (J.), 1959. — Rhizalises tardives après traitements orthopédiques. *L'Orthodontie française, 30*, 231-243.
SOULET et BESOMBES, 1958. — Résultats et nouveaux appareillages en thérapeutique orthopédique fonctionnelle simplifiée (table clinique). *L'Orthodontie française, 29*, 469.
STEINER (C. C.), 1953. — Power storage and delivery in orthodontic appliances. *A. J. O., 39*, 859-880.
STONER (M. M.), 1960. — Force control in clinical practice. *A. J. O., 46*, 163-186.
STOREY (E.), 1953. — Bone changes associated with tooth movement, a radiographie study. *Australian Journ. of dent. 57* (2) 57-64.
STOREY (E.), 1954. — Bone changes associated with tooth movement: the influence of the menstrual cycle on the rate of tooth movement. *Austral. Journ. of Dent., 58* (2), 80-88.
STOREY (E.), 1955. — Bone changes associated with tooth movement: an histological study of the effect of force for varying durations in the rabbit, guinea pig and rat. *Austral. Journ. of Dent., 59* (4), 209-220.
STOREY (E.), 1955. — Bone changes associated with tooth movement : an histological study of the effect of age and sex in the rabbit and guinea pig. *Austral. Jour. of Dent., 59* (4), 220-224.
STOREY (E.), 1955. — Bone changes associated with tooth movement: histological study of the effect of force in the rabbit, guinea pig and rat. *Austral. Journ. of Dent., 59*, (3), 147-161.
STRANG (R. H. W.), 1950. — Text book of Orthodontia, 3ème éd.

— T —

TACAIL (C. P.) 1925. — Des forces continues réglables en Orthodontie. *L'Orthodontie française, 4*, 50.
TACAIL (C. P.) et TACAIL-LIGER, 1938. — Appareils Tacail à forces continues réglables (table clinique). *L'Orthodontie française, 15*, 390.
TALLEC (P.), 1964. — Anatomie dentaire. *E. M. C., 3*, 22003 A10 C10.
TEETZEL (J. H.), 1954. — Effect of section size and shape on the mechanical properties of stainless steel and orthodontic wire. *A. J. O., 40, 223* (résumé).
THEUVENY (C.), 1937. — Accidents imputables à certains appareils amovibles. *L'Orthodontie française, 14*, 287-290.
THEUVENY (C.), 1955. — Notes sur quelques appareillages. *L'Orthodontie française, 24*, 347.
THEUVENY (C.), 1955. — De quelques appareillages inamovibles. *L'Orthodontie française 26*, 685-690.
THORNE (N. A.), 1960. — Expansion of maxilla spreading the midpalatal suture; measuring the widening of the apical base and the nasal cavity on serial rœntgenograms. *A. J. O., 46*, 626.
THUROW (R. C.), 1962. — Technique and treatment with the Edgewise appliance. The C. V. Mosby C° ed., St-Louis, USA.
TULLEY (W. J.), 1959. — Orthodontic treatment ant the periodontal tissues. *Dental Practitionner and Dental Record, 9*, 194-200.

— V —

VERNE (J.), 1960. — Précis d'Histologie, Masson éd. Paris, 464-473.
VERNE (J.) et WEILL (R.), 1953. — Données histologiques nouvelles sur la genèse de la matrice protéique des tissus durs de la dent. *La Presse Médicale*, 61ème année, *21*, 427-428.
VILLAIN (R.), 1947. — Techniques associées en O.D.F. *L'Orthodontie française*, 18 221-230.

— W —

WAGERS (L. E.), 1964. — L'appareillage orthodontique de Begg. *L'Orthodontie française, 35*, (II), 59-60.
WALDO (C. M.) et ROTHBLATT (J. M.), 1954. — Histologic response to tooth movement in the laboratory rat. Procedure and preliminary observation. *J. D. R., 33*, 481-486.
WEILL (R.), 1963. — Acquisitions récentes en Histochimie dentaire. *Annales d'Histochimie, 8* (1), 5-20.
WEILL (R.), 1963. — Histochimie et Autoradiographie de la dent normale et pathologique. 9ème Congrès de l'Orca, Pergamon Press, C. Birchall and sons ed., 111-123.
WEILL (R.) et TASSIN (T.), 1962. — Détection simultanée de certains polysaccharides acides et de certains protides. R.F.O.S., 9e année, *2*, 203-208.
WEILL (R.) et TASSIN (M. T.), 1964. — Etude histochimique de la matrice de l'émail. Histogenèse chez le chat. Email de la dent humaine adulte. *Arch. Anat. Micr. et Morph. Expér., 53*, (2), 123-145.
WEINMANN (J. P.) et SICHER (H.), 1955. — Bone and bones. Fundamentals of Bone Biology. The C. V. Mosby C° ed., St-Louis, 127-133 et 185-206.
WEINREB (M. M.) et TAGGER (M.), 1960. — Methods of preparing stained ground sections of soft and hard tissues. *J. D. R., 39*, 990-996.
WEINSTEIN (S.) et HAACK (D. C.), 1959. — Theoritical mechanics and practical orthodontics. *Angle Orthodontist, 29*, 177-181.
WHEATLY (A. E.), 1960. — Fulcrum point and tooth movement. *Dent. Technician, 13*, 23-25, 41-43.
WILKINSON (J. V.), 1960. — Effects of high temperature on stainless steel orthodontic arch wire. *Austral. Dent. Journ., 5*, 264-268.
WILSON (H.), 1960. — Le frein labial. *L'Orthodontie française, 31*, 287-292.
WINDERS (R. V.), 1956. — Study in the development of an electronic technique to measure the forces exerted on the dentition by the perioral and lingual musculature. *A. J. O., 42*, 645-657.

— Y —

YEN (P. K. J.), 1955. — Early tissue changes accompanving tooth movement in the laboraty Rat at the varying period of time after the application of stress. *A. J. O., 41*, 318.

— Z —

ZAKI (A. E.) et VAN HUYSEN (G.), 1963. — Histology of the periodontium following tooth movement. *J. D. R., 42*, 1373-1379.
ZWARYCH (P. D et QUIGLEY (M. B.), 1964. — Tooth alveolar attachment in the Mouse periodontium. *J. D. R. 43*, 787-788.

●

Cette liste alphabéthique comporte seulement les noms d'auteurs qui n'ont pas été cités plus haut. Elle est proposée en additif et complète la bibliographie.

Le lecteur pourra donc consulter avantageusement certains ouvrages de ces auteurs.

A

AINSWORTH N. J. AKIVOSCHI M. ALDERISIO J. P. ALLRED H.
ALTEMUS L. A. ARNIM S. S. ARNOLD E. B. ARRINGTON
AVERY J. K.

B

BAKER L. W.
BELLAIRS A.
BERTHOLD A. H. R.
BESOMBES L.
BRADY W. J.
BREITNER C.
BEBB W.
BELTINGS C. M.
BAHSKAR S. N.
BORN H. S.
BRAIN E. B.
BROADBENT
BECKS H.
BELTRAMI G.
BLACK G. W.
BOWLES C. F. F.
BRANDT S.
BROUWER H.
BELL W. R.
BENNETT F. J.
BONNAR E. M. E.
BOYLE P. E.
BRASH J. C.

C

CAROL MONFORT J.
COLLIDGE E. D.
CASE C. S.
CSIBA A.
CASTELLI W. A.
CUSHING C. A.
COLLINS A. A.

D

DEVIN R.
DEMPSTER W. T.
DEWEY M.
DUMMETT C. O.
DUNN R.

E

ENGEL M. B.
ENLOW D.
ERIKSON B. E.

F

FARRAR J. N.
FERNALD A.
FELDSTEIN L.
FORDE T. H.
FEARNHEAD R. W.
FRANK R.
FERGUSSON H.
FRITJOF R.

G

GEO J.
GUGNY G.
GUILFORD S. H.
GODIN P.
GRAY J. T.
GODON C.
GRIEVE G. W.
GOULD I. E.
GRIFFIN E. M.

H

HAMMARLUND E.
HERDER S.
HEYLINGS R. T.
HOWES A. E.
HEIMLICH A. F.
HERZBERG B. L.
HILLBLOM R.
HELLMAN M.
HESKIA J.
HEMLEY S.
HOFFMAN
HESS A. F.
HOLTON P. J.

I

INONE M.

J

JACKSON A. F.
JARABAK J. R.
JOHNS E. E.
JOHNSON J. E.

K

KAWAMURA Y.
KUTUSOV H.
KLINKHAMER J. M.
KLOEHN S. J.
KRONFELD R.

L

LANE J. G.
LEBLOND C. P.
LISANTI V. F.
LAHR R
LEBOURG L.
LISCHER B. E.
LARSON A. B.
LEDLEY R. S.
LOCKE J. G.
LAURENZA A.
LINDSAY L.
LUSTERMAN E.A.

M

MACARY A. F.
MALLERSON H.C.
MERSHON J. V.
MONSON C. S.
MAC COY J. D.
MARDFIN D. F.
MEYERS M. J.
MOYERS R. E.
MAC DOWELL
MARGOLIS H. I.
MILLER B. G.
MUNBLATT M. A.
MAHLER D. B.
MARSHALL J. A.
MOHAMMED C. I.

N

NELSON B. G.
NOYES F. B.

O

OBREY L. J.
OLIVER O. A.
OPPENHEIM A.
OTTOLENGUI R.

P

PARAT M.
PERSTON C. M.
PRENANT M.
PULLEN H. A.

R

RAPP P.	RENFROE E. W.	REPETTO X. M.	RICHMOND J. E.
REITH E. C.	ROBERTSON T.M.	ROBINSON H. B.	RECHTER A.
ROBERTSON J. L.	ROIG J.	ROWE A. T.	ROWLES S. L.
ROGERS A. P.			

S

SHAPIRO H. H.	SHARRY J. J.	SHOUR T.	SEIPEL C. M.
SICHER H.	SIMPSON H. E.	SKILLEN W. G.	SMITH F. L.
SOGNAES R.	SPILLER	SPRINGER J.	SEINWORTH C. J.
STERN I. B.	SMITH R.	SPENCE J. M.	STAHL S. S.
STANLEY H. R.	STOFTS W. E.	STUTEVILLE O.H.	SVED A.

T

THOMETZ R.	THOMPSON H. E.	THORNTON	THUROW R. C.
TITUS F. G.	TODD T. W.	TOEPFER A. K.	TRAUNER F.
TULLEY W. J.	TURNER J. G.	TWEED C. H.	

V—W

VIEILFOSSE R.	VOGEL G.	WALLACE E. S.	WARSHAWSKY H.
WATRY F.	WATSON M. L.	WENZIKER K.	WENTZ F. M.
WHEATLY A. E.	WILSON C. S.	WEISLANDER L.	WIRT J. A.
WOLFSON F.	WOOD H. E.		

Y

YAEGER J. A.	YUDKSTAS A.		

Nous prions le lecteur de bien vouloir nous excuser pour les auteurs et les travaux qu'il s'étonnerait de ne pas voir réapparaître dans ces énumérations.

Et nous remercions par avance ceux d'entre nos lecteurs qui auront l'obligeance de bien vouloir nous faire part des précisions qu'ils aimeraient voir apporter, ceci afin de parfaire notre propre information.

ABREVIATIONS UTILISEES POUR LES REVUES LES PLUS CONNUES :

A.J.D. :	Australian Journal of Dentistry
A.J.O. :	American Journal of Orthodontic
A.O. :	Angle Orthodontist
A.H. :	Annales d'Histochimie
A.O.S. :	Actualités Odonto-Stomatologiques
A.D.A.J. :	American Dental Association Journal
A.O.B. :	Archives of Oral Biology
A.M.G.E. :	Archives de Morphologie Générale et Expérimentale
B.A. :	Biological Abstracts (les titres marqués d'un * correspondent aux seuls résumés donnés dans les B. A.)
C.R.A.S.P :	Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris
D.A. :	Dental Abstracts
D.R. :	Dental Records
E.M.C. :	Encyclopédie Medico-chirurgicale
E.O.S.T.	European Orthodontic Society Transactions
I.D.T. :	International Dental Journal
I.A.D.R. :	International Association for Dental Research.
J.D.R. :	Journal of Dental Research
J.P. :	Journal of Periodontology
O.F. :	L'Orthodontie Française
R.S. :	Revue de Stomatologie
R.F.O.S. :	Revue Française d'Odonto-Stomatologie

TABLE DES MATIERES

— AVANT-PROPOS

— PLAN

— INTRODUCTION

— 1re PARTIE: ELEMENTS D'ORTHODONTIE

1. Historique
2. Diagnostic
3. De l'occlusion
4. De la croissance et de l'âge des traitements
5. Un cas de collection

— 2e PARTIE: FORCES ORTHODONTIQUES

1. Dispositifs actifs et dispositifs passifs
2. Quelques déplacements dentaires
3. Conséquences tissulaires (radiographies)
4. Estimation de l'intensité des forces thérapeutiques: Dynamométrie appliquée
5. Calculs des pressions orthodontiques
6. Appréciation expérimentale des contraintes:
   A) Vernis craquelants
   B) Jauges électriques de contraintes
   C) Photoélasticité

— 3e PARTIE: EXPERIMENTATION SUR L'ANIMAL

1. Matériel et méthodes
2. Calcul des pressions appliquées
3. Observations en cours d'expérience
4. Observations téléradiographiques
5. Observations histologiques
   A) Animaux témoins
   B) Animaux contraints

— CONCLUSIONS

— RESUMES

— BIBLIOGRAPHIE

— TABLE DES MATIERES

— 103 pages et 127 illustrations

NOTES

NOTES

NOTES

Vu et approuvé:

Paris, le *19*

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
Marc ZAMANSKY

Vu
et Permis d'imprimer:

Le Recteur de l'Académie
de Paris,
Jean ROCHE

Imprimerie de la Société d'Imprimerie et d'Edition des Dernières Nouvelles de Colmar